

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.В. Гондлях

«__» _____ 20__ р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
зі спеціальності 131 – Прикладна механіка
на тему: «Гумозмішувач роторний з модернізацією змішувальної камери»**

Виконав:

студент 2 курсу, групи ЛП-81мп

Хвостюк Ярослав Юрійович _____

Керівник:

доц. каф. ХПСМ, к.т.н. Сокольський О.Л. _____

Консультант з розділу модернізація:

доц. каф. ХПСМ, д.т.н. Щербина В.Ю. _____

Консультант з розділу технологія монтажу та експлуатації:

ст.викл. каф. ХПСМ Борщик С.О. _____

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студент _

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

Спеціалізація – Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування

обладнання пакування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.В.Гондлях

« ____ » _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Хвостюку Ярославу Юрійовичу

1. Тема дисертації «Гумозмішувач роторний з модернізацією змішувальної камери», науковий керівник дисертації доцент каф. ХПСМ, к.т.н. Сокольський О.Л., затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом дисертації _____
3. Об'єкт дослідження: Гумозмішувач
4. Вихідні дані Вільний об'єм змішувальної камери, $m_3=0,27\pm0,1$; Частота обертання роторів, об/хв (об/с): швидкохідного-40 (0,66); тихохідного-33,5 (0,56). Коефіцієнт завантаження змішувальної камери-0,5-0,8. Середня тривалість циклу змішування, с-90. Головний електродвигун: потужність, кВт-800; Продуктивність, кг/год (кг/с)-4500 (1,25). Витрата води для охолодження гумозмішувача, $m^3/c-0,0028$. Габарити, мм: довжина-7595; висота-5900; ширина-1760..
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Пояснювальна записка містить

текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки», «Технологія монтажу та експлуатації» ПЗ включає такі розділи: «Вступ», «Призначення та галузь застосування машини», «Технічні характеристики базової машини», «Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії», «Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації», «Охорона праці та навколишнього середовища», «Розробка стартап-проекту», «Висновки», «Перелік посилань».

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: _____

Лист 1. Гумозмішувач роторний з модернізацією змішувальної камери.

A1 _____

Лист 2. Пристрій завантажувальний. A1 _____

Лист 3. Ротор. A1 _____

Лист 4. Ротор (модернізація). A1 _____

Лист 5 Ущільнююче кільце. A1 _____

Лист 6. Ущільнююче кільце (модернізація).. A1 _____

Лист 7. Розрахунок ротора в ANSYS. A1 _____

Лист 8. Розрахунок ущільнення в ANSYS. A1 _____

7. Орієнтовний перелік публікацій: тези на X Всеукраїнську науково-практичну конференцію «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки» (12-13 грудня 2019р.)

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю., доцент каф. ХПСМ		
Технологія монтажу та експлуатації	Борщик С.О., ст. викл. каф. ХПСМ		

9. Дата видачі завдання: _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання для магістерської дисертації	2.09.2019	виконано
2	Проходження переддипломної практики	03.09-29.10.2019	виконано
3	Здійснення пошуку патентів	30.10-05.11.2019	виконано
4	Обґрунтування модернізації	06.11-12.11.2019	виконано
5	Виконання розділу «Пояснювальна записка»	13.11-19.11.2019	виконано
6	Виконання розділу «Розрахунки»	20.11-26.11.2019	виконано
7	Виконання розділу «Технологія монтажу та експлуатації»	27.11-03.12.2019	виконано
8	Виконання розділу «Стартап-проекту»	04.12-11.12.2019	виконано
9	Побудова креслень в графічному редакторі	12.12-16.12.2019	виконано
10	Здача магістерської дисертації		

Студент

Хвостюк Я.Ю.

Науковий керівник дисертації

Сокольський О.Л.

ЗМІСТ

Реферат з ключовими словами (українська мова).....	
Реферат з ключовими словами (іноземна мова).....	
Пояснювальна записка	
Розрахунки.....	
Технологія монтажу та експлуатації.....	
Загальні висновки.....	
Додатки.....	
Додаток А. Специфікації.....	
Додаток Б. Таблиця розглянутих патентів.....	
Додаток В. Опубліковані тези на конференцію.....	

РЕФЕРАТ

Розроблено магістерську дисертацію на тему «Гумозмішувач роторний з модернізацією змішувальної камери».

В даній дисертації поло поставлено за ціль модернізувати ротор у гумозмішувачі. Магістерська дисертаційна робота має «Пояснювальну записку», в якій розглянуто з 8 розділи. Обсяг загальної роботи магістерської дисертації складається з : __ креслень, __ с., __.

У роботі представлені технічні характеристики, принцип дії гумозмішувача та базові конструкції, виконані кінематичні, розрахунки на міцність та параметричні, які підтверджують надійність та працездатність машини.

В даній дисертації було проведено літературно-патентний пошук гумозмішувача за ціль ставилось обрати саме модернізації ротора. Новизною даної модернізації є те , що камеру змішування споряджено двома роторами з абсолютно іншою геометрією, яка зменшує внутрішній тиск на стінки змішувальної камери, та значно перевищує міцність стандартної деталі .

В основу корисної моделі покладена задача підвищити властивості текучості, та отримання високих властивостей переміщення матеріалу, забезпечування високого диспергуючого ефекту процесу, а отже і отримання суміші високої якості.

Також у магістерській дисертації розглянуто на відповідність розроблюваної машини вимогам розділам технології монтажу та експлуатації, а також охорони праці.

Ключові слова: МОДЕРНІЗАЦІЯ, ЗМІШУВАЛЬНА КАМЕРА, РОЗРАХУНКИ, РОТОР, ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ, ГУМОЗМІШУВАЧ.

ABSTRACT

The master's thesis on "The rubber mixer rotary with modernization of the mixing chamber" is developed.

In this dissertation, polo is designed to modernize the rotor in a rubber mixer. The master's thesis has an "Explanatory Note", which deals with 8 sections. The scope of the master's thesis consists of: __ drawings, __ pp., __.

The paper presents the technical characteristics, principle of action of the mixer and basic designs, kinematic, strength and parametric calculations, which confirm the reliability and efficiency of the machine.

In this dissertation, a literary patent search of a rubber mixer was carried out with the aim of choosing exactly the rotor modernization. The novelty of this upgrade is that the mixing chamber is equipped with two rotors with a completely different geometry, which reduces the internal pressure on the walls of the mixing chamber and significantly exceeds the strength of the standard part.

The utility model is based on the task of increasing the fluidity properties and obtaining high material displacement properties, providing a high dispersing effect of the process, and therefore obtaining a high quality mixture.

Also in master's dissertation the conformity of developed machine with requirements of the sections of technology of installation and operation, as well as labor protection is considered.

Keywords: MODERNIZATION, MIXING CHAMBER, CALCULATIONS, ROTOR, TECHNOLOGY OF INSTALLATION AND OPERATION, MIXER.

ВСТУП

Унікальні властивості гуми застосовуються в різних галузях господарства та в побуті, можна зробити висновки про стан її важкої індустрії за рівнем розвитку гумової промисловості в країнах на сьогоднішній день. Чим більше використано гумових деталей тим досконалішим і складнішим є технічного пристрою. Широке використання гуми пов'язане з її високою пружністю та здатністю поглинати вібрації, працювати в умовах стирання та багаторазового розтягування і згинання. Вона газо-і гідронепроникна, стійка до дії масел, рідкого палива, є діелектриком.

Компонент який входить в основу гуми є термопластичний полімер – каучук, який поділяють на два види натуральний та синтетичний.

Доволі трудомісткий та найбільш відповідальний процес займає час для приготування композиції на основі полімеру та еластомерів.

На сьогоднішній день постає питання розробки модернізації вже існуючих та нових апаратів що в результаті значно покращить якість гумових сумішей. Зазвичай високі характеристики та властивості матеріалу на виході залежать виключно від конструкції гумозмішувача, в якому відбувається процес приготування вихідної суміші.

Для виготовлення якісного матеріалу із заданими властивостями полімер змішують з різними інгредієнтами, які вводять у визначеній послідовності у суміш певного масового співвідношення.

У даному проекті модернізовано гумозмішувач роторний, який призначений для змішування гумових сумішей.

За для збільшення продуктивності в машину були внесені зміни: овальні ротори замінені на ротори з ромбо-подібними гребнями, які забезпечують більш ефективне змішування гуми, складний круговий рух суміші в змішувальній

камері, це дозволяє зменшити час протікання і збільшити інтенсивність процесу.

1 Призначення та галузь використання установки

Лопатеві змішувачі широко використовуються в процесах з одночасним нагріванням або охолодженням різноманітних напівтвердих мас, паст, мастик, клею в різних стадіях хімічної технології, для приготування електродних мас в електровугільній промисловості, для перемішування вихідних сипучих, волокнистих або інших матеріалів з пластифікаторами в промисловості переробки пластичних мас.

Змішуючі органи роторних змішувачів виконують зазвичай у вигляді двох окремих 2-образних роторів суцільного профілю.

Змішання в цих змішувачах здійснюється за допомогою двох горизонтально розташованих роторів, що обертаються назустріч один одному з різними швидкостями. Ротори поміщаються в корпус, що працює при атмосферному тиску або під вакуумом до 150 мм рт. ст. Ротори гумозмішувача не має обігріву, необхідний технологічний режим створюється регулюванням температури корпусу. Компоненти суміші завантажуються безпосередньо в завантажувальний отвір у кришці, вивантаження суміші здійснюється при перекиданні змішувача або через нижній розвантажувальний затвор.

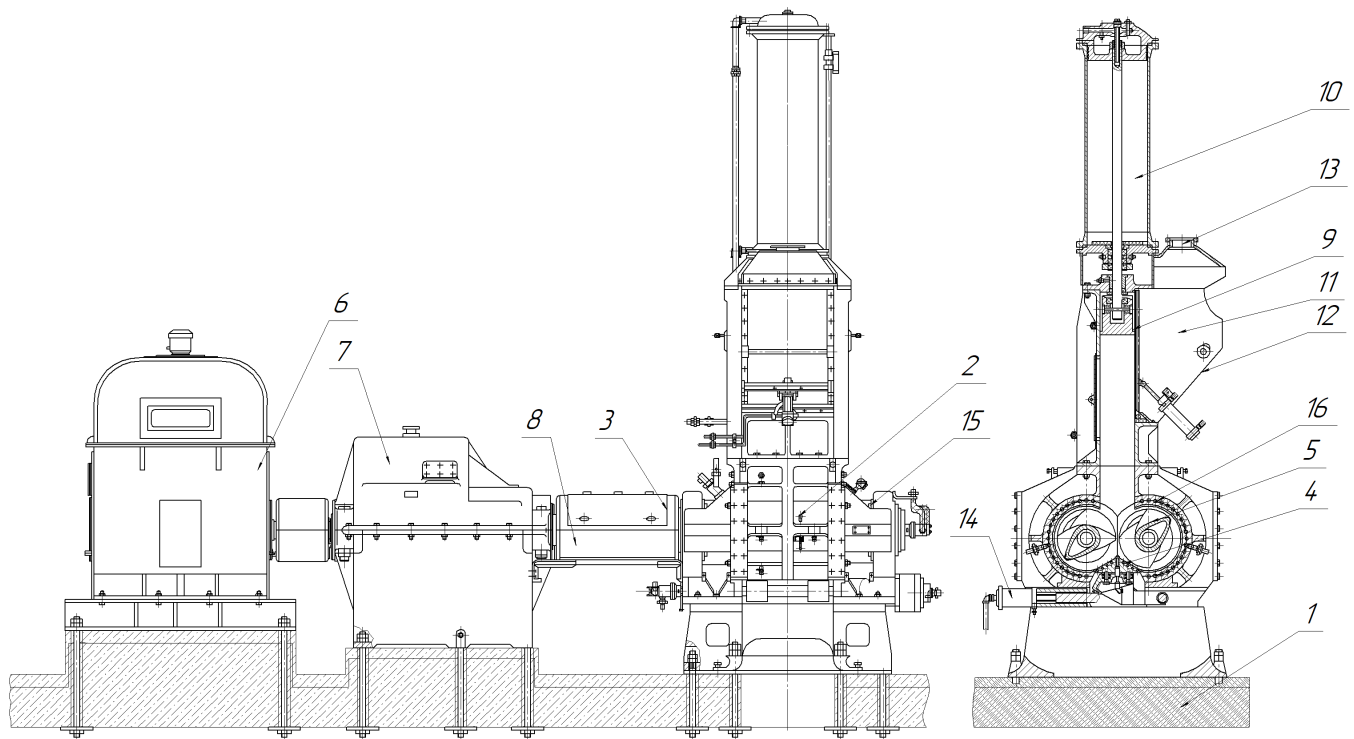
З огляду на розмаїття змішуються продуктів і режимів процесу важко рекомендувати апробовану методику визначення тривалості процесу змішування в роторних змішувачах, тому час змішування знаходять кожному окремому випадку окремо (практично). [1].

2 Характеристики гумозмішувача [2]

Об'єм змішувальної камери, м ³	0,26+/-0,1.
Частота обертання роторів, об/хв	
тихохідна	34,4.
швидкохідна	41;
Коефіцієнт завантажування камери змішування	0,4-0,9.
Тривалість циклу змішування, с	89.
Головний електродвигун:	
потужність, кВт	800;
частота обертання, об/хв	1053;
напруга, В	5998.
Продуктивність, кг/год (кг/с)	4500 (1,20).
Витрата води на охолодження, м ³ /с	0,0030.
Витрата повітря стисненого, м ³ /с	0,019-0,028.
Робочий тиск, МПа:	
– стиснене повітря	0,4-0,9;
– охолоджувальна вода	0,2-0,6.
Маса, КГ, не перевищує	58250.
Габарити, мм:	
ширина	1760.
висота	5757;
довжина	7959;

3 Опис та обґрунтування обраної конструкції гумозмішувача

На рисунку 3.1 зображена схема гумозмішувача РСВД-270-40



1 –плита фундаментна; 2 – корпус камери гумозмішувача; 3 – боковина; 4 – нижній вивантажувальний отвір; 5 – ротор; 6 – двигун; 7 –редуктор; 8 –муфта; 9 – затвор в який потрапляє суміш; 10 – пневмоциліндр верхній; 11 –бункер завантаження матеріалу; 12 – двері бункера завантаження; 13 – отвір додавання домішків; 14 – пневмоциліндр нижній; 15 – ущільнення; 16 – охолоджувальна система

Рисунок 3.1 – Гумозмішувач – загальний вид схеми

Принцип роботи лопатевого змішувача можна розглянути на прикладі конструкції двороторного змішувачі.

Зумозмішувач закріплений на фундаментній плиті 1, в корпусі камери гумозмішувача 2 розташовані ротори. Компоненти суміші завантажуються при відкритій кришці 12 або через завантажувальний штуцер 13(для домішок) і потрапляють безпосередньо через отвір завантаження 9, та транспортується

верхнім плевмоциліндром 10, суміш потрапляє на ротори 5, що обертаються назустріч один одному. Лопаті рухаються в камері, утвореної коритом спеціальної форми, яке закрито з торців бічними стінками 3. У торцевих стінках встановлені ущільнення 15, що перешкоджають проникненню переміщуємо маси через зазори в отворах між валами і стінами. [2].

4 Патентний огляд, дослідження

4.1 Аналіз патентів які розглядаються з ціллю модернізації

Було розглянуто літературу[1] було виявлено наступні недоліки гумозмішувача:

- тривалий процес змішування;
- змішування високов'язких матеріалів.
- продуктивність низька;

Серед виявлених недоліків було проведено та проаналізовано патентний огляд для пошуку доцільної модернізації гумозмішувача.

Предметом пошуку є: 1) гумозмішувач безперервної дії; 2) камера змішування 3) конструкція роторів змішувача; 4) гумозмішувач-роторний;

Авторами [3] виконано конструкцію роторного змішувача (рисунок 3.4), в якому є змішувальна камера, ротор з гвинтовими і очисною лопастями та вібратор у вигляді порожнього циліндра.

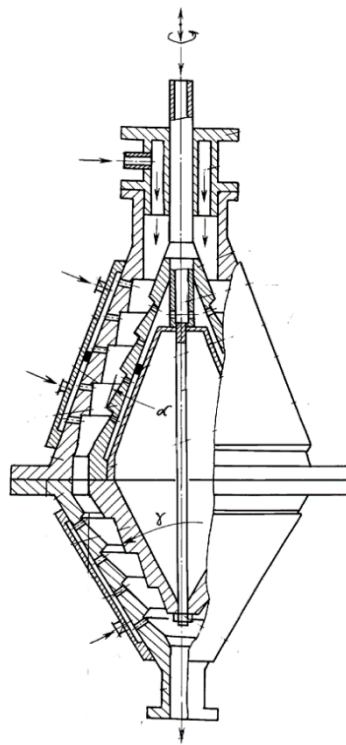


Рисунок 3.4 – Схема роторного змішувача

Конструкція змішувача відрізняється тим, що камера змішування виконана з конічним днищем, а лопать – з пружиною кручення, кромка якої розміщена під кутом 20-30° до твірної конічного днища. Переваги цієї конструкції полягають у тому, що до конвективного перемішування, яке створює обертання ротора, додається дифузійне змішування, створене вібратором, що призводить до інтенсифікації процесу перемішування та скорочення часу його проходження. Недоліком такої конструкції є складність врівноваження вібратора.

Автор [5] пропонує конструкцію роторного гумозмішувача з електрогидравлічною вібрацією (рисунок 3.5), в якому є змішувальна камера, ротор, закріплений вібратор, що обов'язково закріплений в камері змішування.

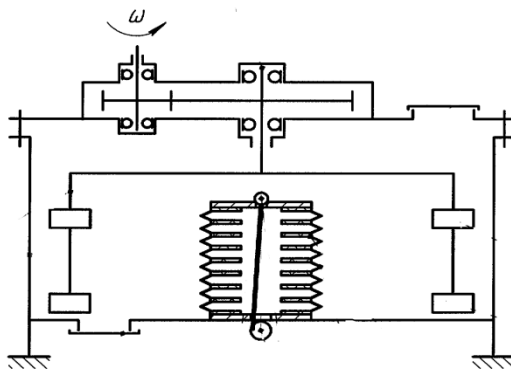


Рисунок 3.5 –Роторного змішувач з вібратором

Ця конструкція змішувача відрізняється тим, що вібратор виконаний у вигляді сильфона з диском, наповненим рідиною, і містить електроди, що є генераторами. Недоліком цієї конструкції є низька продуктивність і труднощі при змішуванні матеріалів з високою в'язкістю. Перевагою такої конструкції є простота регулювання інтенсивності вібрації.

Автори [4] запропонували обертовий змішувач (рис. 3.6), що складається з корпусу та ротора, розміщених у корпусі, впускних насадок для введення суміші з одного боку та випускного отвору для видалення готової суміші на іншому кінці.

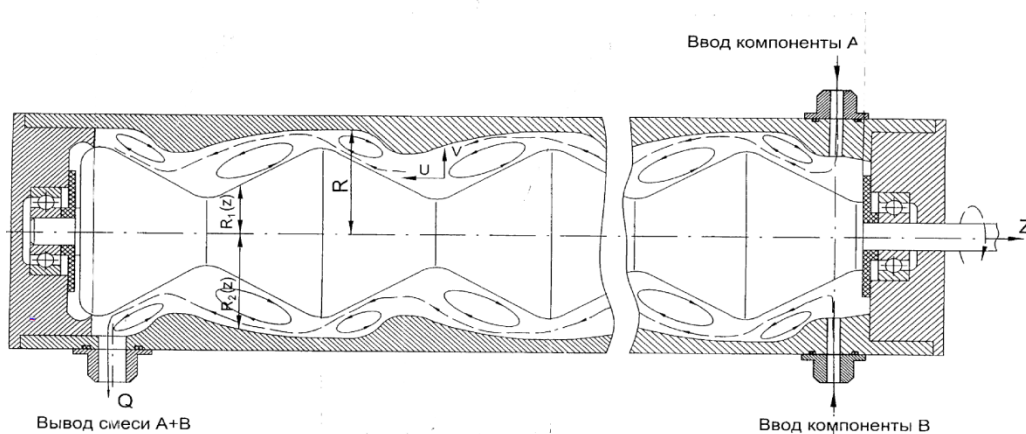


Рисунок 3.6 – Схема роторного змішувача

Конструкція змішувача відрізняється тим, що поверхня ротора і внутрішня поверхня корпусу виконані у формі хвилі, періодичні вздовж осі обертання. Недоліками цієї конструкції є складність конструкції і тривалий час процесу перемішування. Переваги цієї конструкції полягають у тому, що особлива форма хвилі ротора і корпусу створює значні дотичні напруги в суміші, тим самим посилюючи процес перемішування.

Автори роботи [6] запропонували поворотний змішувач-диспергатор (рис. 3.7), що складається зі статора і концентрично встановленого ротора, з таким варіантом - вертикальний вал ротора з'єднаний з приводом обертання, вхідними і вихідними патрубками. Привід і ємність обертання розташовані на рамі змішувача, а конструкція встановлена на корпусі з трьох частин.

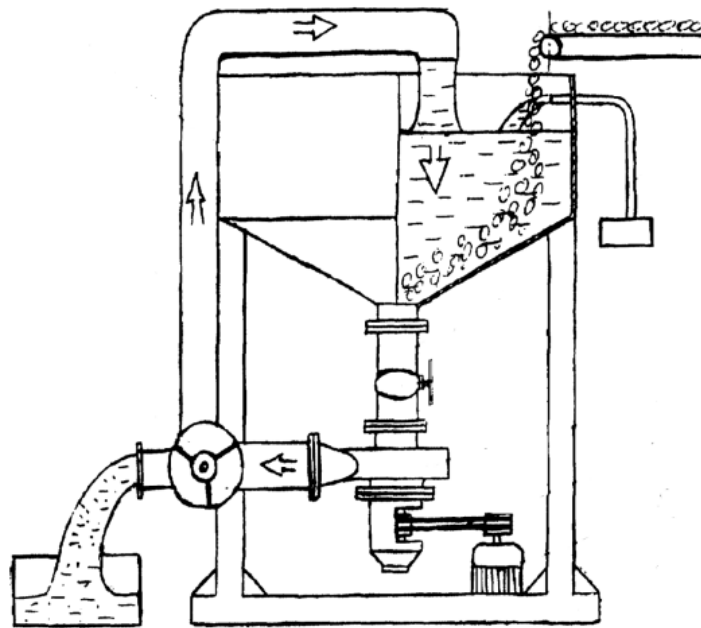


Рисунок 3.7 – Роторний змішувач

Ця конструкція відрізняється тим, що корпус виготовлений з різних частин. Середня частина корпусу виконана в "улітки" з вихідним патрубком, з'єднаним з трубопроводом, верхнє кінцеве положення над ним, з вихідним відхиленням, яке здійснюється через перехід, який є перехідним краном із вхідною трубою верхня частина корпусу. Перевага такої конструкції полягає в тому, якщо відсутня потрібна якість суміші використовується повторне перемішування матеріалу до місця завантаження, і в той же час є недоліком, оскільки це займає багато часу.

Автори [7] запропонували конструкцію обертового змішувача (Рис. 3.8), що містить камеру обертання ротора. На осі камери співвісно до лопатей консолі ротора встановлений вібратор із збудником з приводу.

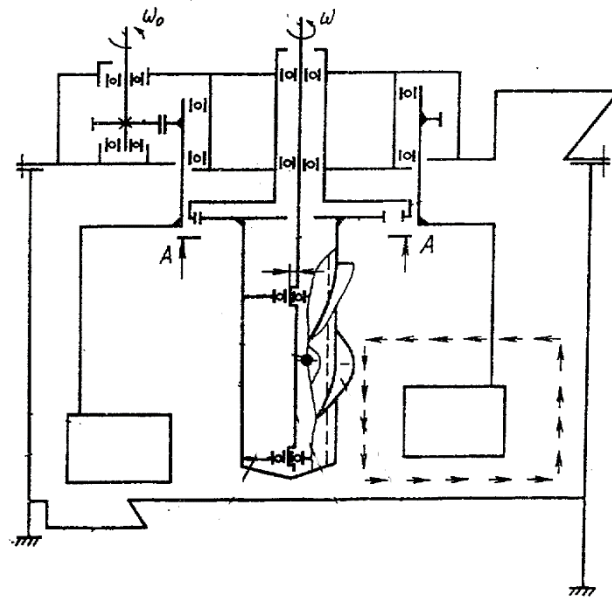


Рисунок 3.8 – Схема роторного змішувача

Ця конструкція відрізняється тим, що характеризує місце зміни з цією інтенсивністю, вібратор відповідного багатозахідного гвинтового ротора, встановлений на його зовнішньому місці і з'єднаний з приводом планетарної передачі ексцентричного типу. Недоліками є міцність конструкцій та монтажу, а також низька продуктивність. Перевага цієї конструкції полягає в тому, що під дією вібрації конструкція є руйною для перероблюваного матеріалу, і повільне переміщення ротора, органу вібратора і ротора, який знаходиться в тороїдальному і обертовому місці.

Патентні дослідження (додаток В) засвідчують:

- 1) пропоновані та корисні моделі не взаємодіють із гумозмішувачем але мають зміст або частинами;
- 2) розроблений апарат є патентований ;
- 3) у світовій промисловості запатентовані технічні рішення, пов'язані між гумозмішувачем та його компонентами.

4.2 Обґрунтування обраних модернізацій

Ціль корисної моделі вдосконалення змішувача роторного, у якому виконано конструктивне рішення вальцювальних поверхонь ротора під час їх обертання утворює проміжок змінної величини між обома гребнями роторів, а також забезпечує високий ефект змішування, а отже - і одержання композиції високої якості.

Ця мета вирішується і досягається в обертовому гумозмішувачі, що містить змішувальну камеру з роторами в різних елементах циліндричних каналів, які перетинаються і залишаються в них з можливим обертанням на зустріч, кожний виконаний з перемішувальними лопастями й хвилястою вальцювальною поверхнею, з корисної моделі новим є те, що поверхні ротора розташовані під кутом до його поздовжньої осі, зазначені кути роторів виконані різного напрямку.(рис.4.2.1)

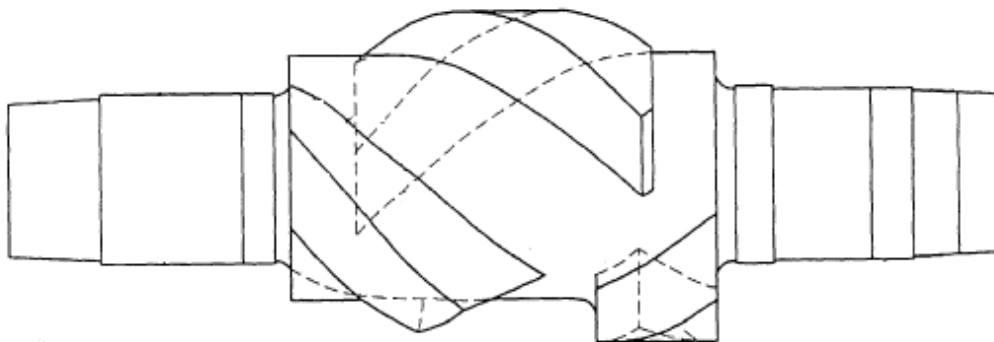


Рис 4.2.1 Модернізований ротор

Оброблений матеріал, який знаходиться в змішувальній камері 1 змішувача, енергійно перемішується за рахунок обертання роторів один до одного.

В основу іншої корисної моделі покладено задачу вдосконалення

ушільнюючого вільця. Дана конструкція виконана з застосуванням електромагніту, під час роботи машини електромагніт притягує ушільнююче кільце. В цьому випадку кільце слугує як витратний матеріал і дана модернізація дозволяє значно швидше скоротити час в обслуговуванні, та заощадити витрати дорогоцінного, високоякісного матеріалу з якого виготовлено ушільнююче кільце. (Рис 3.2.2)

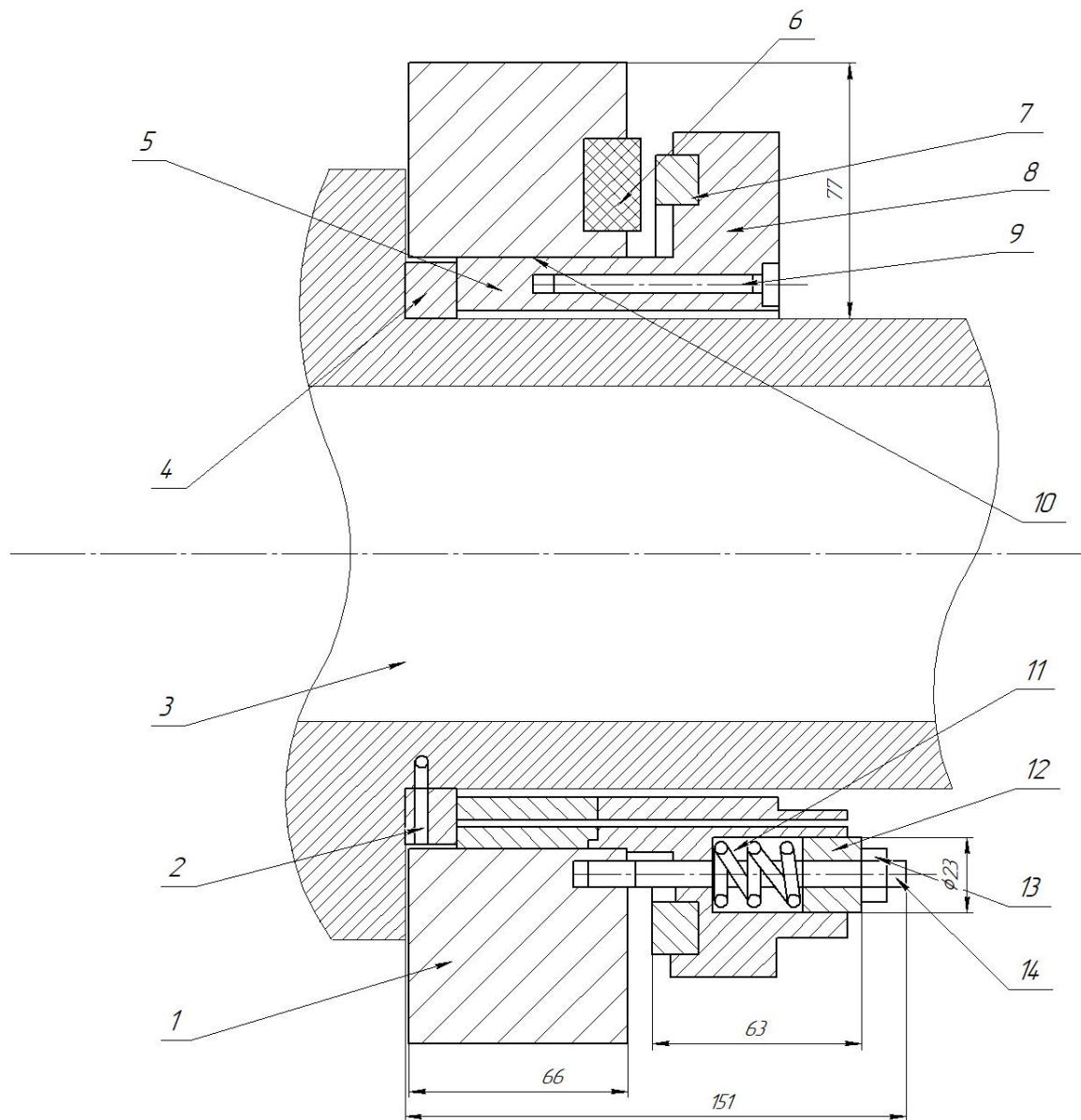


Рис. 4.2.2 Модернізація ушільнюючого кільця

5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

У цьому розділі магістерської роботи йдеться про захист від шкідливих та небезпечних факторів виробництва (викид шкідливих речовин, ураження електричним струмом, пожежа, промислове освітлення, забруднення навколишнього середовища) та розробку заходів щодо зменшення впливу цих факторів.

Безпечна організація виробничих процесів має особливе значення в хімічній промисловості, оскільки на таких підприємствах широко застосовуються різні вибухонебезпечні та пожежонебезпечні речовини. Останні постанови уряду України про охорону праці вказують на неприпустимо високий рівень аварій на виробництві порівняно з іншими розвиненими країнами [9].

Оператор змішувача працює за пультом управління в окремому приміщенні де фільтрується повітря та присутнє опалення. Процес виробництва гумової суміші відбувається при підвищеному тиску і температурі, з виділенням шкідливих речовин і відноситься до категорії виробництв з підвищеним ризиком для людини.

5.1 Повітря в зоні безпосередньої роботи

Процес змішування гумової суміші відбувається при температурі 130-180°C і тиску 1,4 МПа. У процесі виділення речовин з гострим механізмом дії:

хлорид водню (1,5 мг / м³), дибутилфталат (0,5 мг / м³). Цех також характеризується невеликим виділенням тепла - менше 20 ккал м³ / год.

Місцева система вентиляції складається з приймача небезпечних розрядів, вентилятора, очисної споруди та розрядного пристрою.

У цьому випадку передбачена локальна вентиляція за допомогою витяжної парасолі МС-12, L = 22464 м³ / год для відведення тепла та шкідливих газів.

У цьому випадку використовуйте витяжну парасольку у вигляді піраміди, розміщеної над апаратом. Ефективність парасольки забезпечується позитивною різницею між об'ємом повітря, що відсмоктується, і об'ємом струменя, що протікає, а ефективність парасольки забезпечується тим, що розміри входу парасольки будуть більшими за апарат. Надійна робота парасолі забезпечується мінімальною вертикальною відстані між краєм парасольки та апаратом. Вентилятор МС-12 $p_n = 965$ Па.

Фактична концентрація забруднюючих речовин - ГОСТ 12.1.005-88 / 98.

5.2 Промислове освітлення

Раціонально та правильно використані речі промислового виробництва створюють позитивний психофізіологічний ефект на роботі, і мають досягти серед найвищої продуктивності, зберігаючи його безпеку, руйнуючи багажник та травми на роботі, підтримуючи висоту, доцільно використовувати роботу.

У цій області природне і штучне збереження для нормальної нормальної роботи.

Робоче місце оператора пов'язане з V розширенням візуальної роботи. Загальна площа світлих отворів приміщення - 300 м²; нормальне природне освітлення для IV зовнішнього вигляду - = 1,0%.

Ми вибираємо стандартну лампу DRL-400, $n = 200$ лк потоку світла цієї

сили. Кількість ламп – 35шт.

Штучне освітлення СНП П-4-79. Фактична безпека освітлюваності $f = 250$ лк. [10].

5.3 Електробезпека

1) За ступенем небезпеки ураження електричним струмом люди дозволяють йому потрапити до класу максимальних небезпек ПУЕ(PUE).

2) Використовуйте прямий ефір живлення через трифазну чотирирізну міру з глухозаземленою нейтраллю.

Вражені людини електричним струмом відбувається в зменшенні струму короткого замикання через тіло людини.

Основними заходами електротравматизму є:

- велика недоступність струмоведучих деталей, яка вимикається;
- перевірити виключення струмоведучих деталей: робочих, подвійних (робочих та додаткових), житлових (поліпшена робоча ізоляція ($R_{iz} > 0,5 \text{ MOm}$), ефективність використання таких же, як у подвійних); подвійна ізоляція використовується в ручних електроінструментах;
- використання низьких напруг (як правило, не більше 42 В) в ручних виробничих інструментах, локальних та портативних джерелах світла;
- електричний поділ на окремі секції для використання спеціалізованих розподілених трансформаторів, що дозволяє знизити електроенергію та назавжди знищити опір ізоляції;
- використання колективного зовнішнього струму від електричних струмів: використання чотирьох двофазних мереж із поглибленим нейтралітетом;
- організація електромонтажного обладнання, яке здійснює контроль за роботою та періодичністю роботи кожні два роки всіх осіб, які підходять до діючих електроустановок;

- блокування силових контактів споживачів;
- навчання та сертифікація персоналу.
- Захищене забруднення в електроустановках в аварійному режимі - підключення до декількох заземлених проводів заземлення електричного корпусу та інших конструктивних металевих частин електрообладнання, які не знають, але ми все ще маємо пошкодження, що використовуються, використовуючи опис нижче.

5.4 Пожежна безпека

Гума намагається не відставати від важливих проектних робіт - матеріали та матеріали, що зберігаються, горять у повітрі на джерелі струму, але вони не зберігаються лише після того, як вони залишаються, так що не вдалося поїхати на зварену станцію - з температурою робота $t_z = 400$ с. Враховуючи, що це означає, що бажано зберегти бажану категорію В (із ЗНТП 24-86) класу Р-II. Ступінь вогнестійкості будинку - II, обмежена однакова вогнестійкість - 0,25 року.

Причини виникнення пожеж, можливо поділити, поділити електричного та неелектричного характеру. Згідно з наявними даними, можна поширюватися на велику продукцію виробничих приміщень у цьому районі, знищуючи потенційних та загрожуючи живим людям, тому необхідний комплекс потребує безпеки та протипожежного захисту.

За надійне бажання здійснювати діяльність: організаційну, технічну, технічну та режимну. До організаційних занять: підготовлені фахівці та працівники, які хочуть економити, працювати з ліцензіями, інструктажі.

Вживаючи дій, вони фактично виконують справжню машину, виробляють, фабрично перевозять транспорт, регулярно працюють та встановлюють обладнання, оглядають та ремонтують. Технічні рекомендації включають: дотримання правил і правил пожежної охорони при проектуванні будинків і

споруд, будову електричних вимірювань та електроустановок, управління системою, вентиляція, небезпека. Дотримуйтесь режиму роботи: захищені газовими та іншими вогнезахисними роботами за бажанням, пояси, приміщення, заборонені сміттєзвалища у не визначених місцях тощо. Основними заходами щодо забезпечення безпечної безпеки є: 1) конструкція, яка встановлюється на відстані не більше 10 м від сусідніх споруд і не 20 м від складів; 2) у приміщенні біля виготовленого виробу є ящик з піском та щит із пожежною технікою (два вогнегасні типи ОНП-10 та ОУ-8, сокира, лом, екскаватор); 3) на будинку встановлена система видалення сітки блискавки; 4) Необхідно передбачити систему сигналізації, яка виконує роботу персоналу, а саме через побажання; 5) Забезпечити швидку та безпечну схему евакуації для людей, які хочуть побажати. Зазначається, що хмарно і щонайменше два вікна, що знаходяться на відстані не менше 22 м від одного, ширина шляхів втечі повинна бути не менше 1 м, ширина дверей не менше 0,8 м, висота - не менше 2 м (двері повинні бути прикріплені до видимих з дому). Вживаються заходи безпеки для СНП 2.09.02-85 та СНП 2.01.02-85. [10].

5.5 Заходи безпеки при експлуатації устаткування

Слід передбачити ряд заходів безпеки для забезпечення безпечних умов праці обслуговуючого персоналу та запобігання руйнуванню та пожежі обладнання.

Основна умова безпечної експлуатації виробничого процесу - чітке дотримання експлуатаційним персоналом норм технологічного режиму та виробничих інструкцій.

Для забезпечення нормальної роботи обладнання необхідно:

1) допускати до роботи на апараті лише тих робітників та інженерно-технічних працівників, які пройшли інструктаж, склали іспит з техніки безпеки

та правил технічної експлуатації та мають право працювати на апараті;

- 2) не курити на робочому місці;
- 3) стежити за заземленням;
- 4) вчасно змащувати натираючі поверхні;
- 5) стежте, щоб жодні сторонні предмети не потрапляли в середину змішувача.

Працівникам, що працюють на змішувачі, категорично заборонено:

- 1) вивантажуйте суміш вручну;
- 2) видалити предмети, які випадково потрапили в апарат під час роботи;
- 3) робота з вимкненою вентиляцією вимкненою;
- 4) використовувати відкритий вогонь без спеціального дозволу;
- 5) Під час виконання ремонтних робіт усі електродвигуни та прилади повинні бути вимкнені.

Перед роботою прилад повинен перевірити:

- 1) чи немає сторонніх предметів у змішувачі;
- 2) хороший повітряний зв'язок і вентиляція;
- 3) справність контрольно-вимірювальних приладів;
- 4) чи вилучаються корпуси та корпуси від рухомих та обертових частин;
- 5) хороше заземлення;
- 6) надходження мастильних матеріалів на затиральні поверхні;

Під час увімкнення основного накопичувача необхідно стежити за роботою попередньо звукової та світлової сигналізації.

Всі роботи, пов'язані з установкою, пуском, налагодженням, ремонтом, технічним обслуговуванням, повинні виконуватись з дотриманням правил безпеки для кожного виду робіт.

Підходи до електрообладнання повинні бути безкоштовними.

Тиристорні блоки, панелі, панель управління повинні бути надійно підключені до ланцюга заземлення магазину відповідно до EWS.

Вміст домішок у повітрі робочої зони (пил, гази, пари та інші шкідливі домішки) не повинен перевищувати значень, встановлених ГОСТ 12.1.005-88.

Для нормальної роботи приладу та встановлення теплових станцій замовник повинен забезпечити витяжну вентиляцію.

5.6 Охорона навколишнього середовища

Для того, щоб побачити, що ви належите до шкідливих викидів в атмосферу, які використовується під час створення або переробці полівінілхлориду, вам потрібно:

- 1) переробні відходи, не придатні для переробки, відправляти на звалища для зберігання або утилізації;
- 2) при зменшенні викиду шкідливих викидів в атмосферу рекомендується використовувати на місцях установки типу «Ловля», де використовують газоподібні шкідливі речовини;
- 3) Виробництво використовувати згідно в ГОСТ 2731-8 ("Сировина полімерної частини. Порядок виробництва, зберігання та переробки відходів")

6. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

6.1 Опис ідеї проекту

Метою стартап-проекту є впровадження новітніх технологій у сфері діяльності людини від малого, великого бізнесу. Основна ціль проекту наведена у табл. 6.1 .

Таблиця 6.1 - Опис ідеї проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Ідея проекту надання широкого спектру інженерних послуг, і ремонтно-інженерної роботи.	1.Дослідження та аналіз в хімічній галузі виробництва	Заявку яку оформив клієнт, він має можливість перевірити надійність обладнання для виготовлення інших виробників обладнання та обладнання та перевірити їх властивості.
	2.Інженерна послуга (модернізація обладнання) в хімічній галузі виробництва	Заявку яку оформив клієнт, він отримує модернізацію обладнання в короткий час, високої якості.
	3.Фінансова звітність в хімічній галузі виробництва	Заявку яку оформив клієнт, він отримує можливість контролювати свою звітність та має можливість отримати консультації з кола питань фінансової звітності.
	4.Розробки ПЗ в хімічній галузі виробництва.	Заявку яку оформив клієнт, він отримує можливість отримати, сучасні та якісні ПЗ.

Цей підрозділ пропонує доступний спектр клієнтських послуг.

Аналіз технічних та економічних потенційних переваг ідеально узгоджується з пропозиціями конкурентів [12].:

-вираховано попереднє коло конкурентів, які вже існують на ринку, та збирають інформацію про важливі технічні та економічні проекти для ідеального власника та конкурентних проектів;

- порівняльний аналіз результатів: для власної ідеальної роботи, які мають а) гірші значення (W); б) подібні (N) значення; в) бажані значення (S) (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 - Визначення слабких та сильних, нейтральних ідей проекту.

п / п	Характеристики ідей	(потенційні) конкурентів послуги				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Укроргсинтез	Хіммаш	Хімнафтомашпроект			
1.	Інженерні послуги в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Має. Надає повний комплекс послуг для хімічної і нафтопереробної промисловості	Має Надає комплекс послуг для хімічної промисловості	Має Надає комплекс послуг для хімічної промисловості	Має Надає комплекс послуг для хімічної промисловості	-	-	+ Конкуренти не спеціалізуються на нафтопереробній промисловості

								лише у хіміч ний
2 .	Дослідж ення та аналіз в хімічній та нафтопе реробній галузі виробни цтва	має	немає	має	немає	-	-	+ Кон куре нт 2 спеці алізу ється лише на хіміч ній пром исло вості . Інші конк урен ти цієї посл уги нема ють
3 .	Фінансов а звітність та консалти нгові послуги	має	має	немає	немає	-	-	+ Кон куре нт 1 спеці алізу ється на хіміч ній пром исло

								вості · Дано ї посл уги в інши х конк урен тів не має
4 .	Розробка ПЗ	має	немає	має	має	-	-	+
5 .	Дизайн апаратів хімічної та промисл овості	немає	немає	нема є	має	-	+	-

Перелік слабких (з тією ж службою архітектора), сильних (спеціалізація в галузі переробки нафти) та нейтральних (креативне проектування хімічної та нафтопереробної промисловості) характеристик та потужності найбільш ефективних сервісних послуг, що підлягає власній конкурентоспроможності.

6.2 Технологічний аудит

Проведено аудит способу, якого можна реалізувати ціль проекту.

Таблиця 6.3 - Технологічна ідеї проекту

№	Ціль проекту	Реалізації	Технологій	Доступність
1	Надання інженерних послуг	Створення сайту оренда	Дані технології існують.	Технології доступні.

		приміщення з комп'ютерною технікою для роботи персоналу.	Залучення освічених фахівців, що мають спеціальну освіту	
Вибрана технологія для реалізації проектної ідеї: нові конструкції хімічного та промислового апарату				

6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основними операторами ринку є приватні дизайнерські відділи, які виконують роботи лише на власних підприємствах та організаціях, що надають консультаційні послуги в галузі інжинірингу.

Таблиця 6.4 - Попередні характеристики ринку потенційних проектів [13].

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од.	100000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштаб
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ГОСТ, ISO
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	80

Економічні та соціальні тенденції ринку:

Ринок консалтингових послуг розвивається після кризи. Але в майбутньому ринок може швидко розвиватися, коли Україна увійшла до зони вільної торгівлі з ЄС. Це може спричинити ряд проблем на українському ринку, оскільки існує потреба в стандартизації продукції, виготовленої відповідно до вимог ЄС.

На даний момент ринок знаходиться в процесі впровадження. Економічна ситуація в Україні та поступове приєднання України до Європейського Союзу потребують перепрофілювання наших підприємств, підвищення конкурентоспроможності промисловості та впровадження нових інноваційних технологій та інвестицій.

Більшість споживачів перебувають у країнах, що розвиваються. Географічне розташування споживачів на цьому ринку неоднорідне у всьому світі. Основна мета багатьох підприємств - конкурувати з іншими компаніями. Саме тому ринок машинобудування є найбільш перспективним.

Цього можна досягти, покращуючи якість виготовленої продукції, створюючи новий асортимент продукції та зменшуючи виробничі витрати. Конкуренція на цьому ринку дуже мала, оскільки ця діяльність є новою. Як і в минулому, більшість підприємств мали власну сферу діяльності, наприклад, дизайнерські бюро, відділи постачання та продажу. Стартовий проект передбачає співпрацю з клієнтом відповідно до його вимог, із захистом інтелектуальної власності клієнта. Робота, яка буде виконана за бажанням клієнта, не поширюватиметься та не розголошуватиметься, крім того, стартап-проект забезпечує підтримку патентування розробки клієнта. Ми пропонуємо клієнту власні розробки та інновації на вигідних умовах, якщо це необхідно.

Поведінка споживачів на даний момент має велике значення для початку проекту, адже репутація нашої компанії залежить від довіри потенційних покупців. Перш за все, це може бути забезпечено високою якістю послуг, що надаються клієнтам, що робить можливим довгострокове співробітництво з кількома клієнтами. Їх конкуренти можуть помітити ці позитивні зміни, а також співпрацювати з нашим проектом.

Далі ми визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики та

формуємо орієнтовний перелік вимог до продукції для кожної групи (табл. 6.5).

Таблиця 6.5 - Характеристика потенційних клієнтів проекту[14].

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Необхідність інноваційних високоефективних проектів та заощаджень заробітної плати для подолання наслідків попередніх економічних криз	Хімічні компанії, харчові компанії та компанії, що займаються нафтопереробкою	Необхідність виготовлення продукції у відповідності до різних норм та стандартів	-якість: стандарти, нормативи, вимоги -швидкість, - доступність.

Аналізуючи ринкове середовище: ми складаємо таблиці факторів, що сприяють впровадженню проекту на ринок, та факторів, які його перешкоджають (таблиці № 5.15-5.16).

Таблиця 5.15 - Фактори загрози

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Економічні: Криза, Інфляція, Підвищення цін на сировину	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Підвищення/пониження ціни на продукт у залежності від цін на сировину. Прив'язка до стабільних валют.
Політико- правові: «Закон України про підприємницьку діяльність»	Впливає на працездатність проекту, купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Зміна напрямків імпорту/експорту. Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця.

Таблиця 6.17 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкуренто-спроможною)
1. Тип конкуренції Олігополія	Мала кількість спеціалістів здатних виконувати комплексну роботу.	Співпраця з технічними вузами за для покращення якості розробок
2. За рівнем конкретності	Якісні інженерні послуги необхідні на кожному підприємстві)	Надання консалтингових послуг та можливість співпраці з нашим інженерним відділом)
3. За галузевою	На підприємстві працюють працівники здатні надавати широкий спектр послуг.	Наша компанія охоплює майже усі напрямки розробок і може надати якісні консалтингові послуги.
4. Конкуренція за видами товарів товарно-видова між бажаннями	У нас є типові конструкції та є можливість розробки індивідуальних апаратів.	Підприємство орієнтоване на малий, середній та великий бізнес. І має можливості проектувати відповідне обладнання
5. За характером конкурентних переваг цінова	Наша компанія буде мати як і конкуренцію по низькій ціні так і на якості продукції. Наша мета робити якісне і дешеве обладнання	Дасть можливість зайняти нішу якісного дешевого обладнання в Україні та світі.

Проаналізувавши конкуренцію проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 6.18).

Таблиця 6.18 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером[15].

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Всі підприємства, які займаються консалтинговыми і інженерними послугами	Конкурентом може стати підприємство, яке почне співпрацювати з технічними вузами.	Постачальники мають малий вплив на наш основний напрям	- не конкурентом, спроможне обладнання з високими цінами на товари	—
Висновки:	На даному етапі розвитку в Україні дуже мало підприємств, які можуть провести якісну оцінку роботи підприємств та вказати їхні недоліки.	На сьогодні будь який мислячий на перспективу інвестор може стати нашим конкурентом, почавши співпрацювати з університетами.	Так від постачальника буде залежити час поставки комплектуючих та його мінімальна вартість.	Клієнту завжди необхідно: <u>конкурент</u> <u>но</u> спроможне обладнання з низькою ціною, якісне та інноваційне	Даний пункт не є актуальним для нашого підприємства, через те що ми надаємо комплексний спектр послуг

На основі аналізу конкуренції, проведеного в (табл. 6.18), та з

урахуванням характеристик проектної ідеї (табл. 6.4), вимог споживачів до товару (табл. 6.5) та факторів маркетингового середовища складається перелік конкурентних факторів визначені та обґрунтовані. Аналіз робиться згідно таблиці. 6.19.

Таблиця 6.19 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Низька ціна	Враховуючи, що ми будемо співпрацювати з науково- технічною базою університету ми зможемо долучати молодих фахівців для розробки обладнання
2	Якість	При замовленні документації покупець буде отримувати якісну документацію та матиме можливість звернутися до нас консультаціями.
3	Комплексний підхід	Ми надаємо комплекс послуг по розробці виготовленню і монтажу а також постачаємо комплектуючі по низьким цінам

Визначивши фактори конкурентоспроможності (табл. 6.19), ми аналізуємо сильні та слабкі сторони стартового проекту (табл. 6.20).

Таблиця 6.20 - Порівняльний аналіз сильних і слабких сторін

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Бал и 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Низька ціна	5		△			□		
2.	Якість кінцевої продукції	10			□		△		
3.	Швидкість надання послуг	10			□	△			
4.	Асортимент	8	△	□					
5.	Рівень концентрації виробництва	0				□		△	
* □ – kneader.com. △ – buzuluk.com		Сильні сторони				Слабкі сторони			
		Низька ціна				Якість кінцевої продукції, Швидкість надання послуг, Асортимент			
		Якість кінцевої продукції, Рівень концентрації виробництва				Асортимент, Висока ціна			

Реалізація проекту можлива завдяки аналізу, який висвітлює ринкові загрози та можливості, сильні та слабкі сторони (табл. 6.21).

Таблиця 6.21 – формулювання управлінської проблеми SWOT-аналіз.

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - новизна проекту; - спроможність проекту збільшити конкурентоспроможність споживачів підприємств промисловості; - низька вартість впровадження проекту (його можна створити навіть власними зусиллями); - можливо збільшити кількість наданих послуг та працювати з обладнанням в інших видах промисловості (фармацевтична, машинобудівна тощо); - більш швидкий вихід розроблених апаратів на ринок. 	<ul style="list-style-type: none"> - низька дохідність проекту внаслідок низької зацікавленості споживачів; - програш іноземним компаніям; - відсутність послуг архітектора.
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - залучення молодих та перспективних кадрів та співпраця з вищими навчальними закладами; - збільшення попиту на різні типи продукції хімічної і нафтопереробної промисловості; - небажання споживачів купувати нове обладнання, а модернізувати старе. 	<ul style="list-style-type: none"> - криза, інфляція, підвищення цін на сировину. Вплив на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару; - недостатня підтримка державою нових підприємців; - дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії.

6.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

Розробка ринкової стратегії в якості першого кроку передбачає визначення стратегії пропаганди ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 6.22).

Таблиця 6.22 – вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Малі приватні промислові підприємства хімічної та нафтопереробної галузей	Висока	Високий	Мала	Висока
2	Великі промислові підприємства хімічної та нафтопереробної галузей	Середня	Середній	Висока	Середня

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку (табл. 6.23).

Таблиця 6.23 - визначення основної стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Наступник	Концентрація на потребах одного цільового сегменту	Надання інженерних консалтингових послуг малим промисловим підприємствам	Стратегія спеціалізації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 6.24).

Таблиця 6.24 – визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	На території України для малих і середніх підприємств проект не є <u>першопрохідцем</u>	В планах компанії пошук нових споживачів та розширення своєї діяльності	Копіювання популярних послуг на ринку такі як: - Розробка програмного забезпечення - Аудит підприємства	Стратегія виклику лідера

Таблиця 6.25 – визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного <u>стартап</u> проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту*
	Якісне надання послуг з урахуванням всіх стандартів, норм та вимог	Стратегія спеціалізації	Стратегія виклику лідера	Конкуренто-спроможні <u>аутсорсингові</u> послуги

Перший крок - сформулювати маркетингову концепцію товару, який отримає споживач. Для цього в табл. 18 необхідно узагальнити результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товарів.

Таблиця 6.26 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує послуга	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Потреба в обладнанні потреба в підвищенні кінцевої продукції	Швидкість, надійність(надання консультацій в продовж року) та комунікабельність персоналу, економія на ЗП	Швидкість, не висока ціна, надійність та комунікабельність персоналу

Далі розроблена трирівнева маркетингова модель товару: уточнює ідею послуги, її фізичні компоненти, особливості процесу її надання (табл. 6.27).

Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено в методології [26].

Таблиця 6.28 - Визначення меж встановлення ціни

п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	500000 грн/1 замовлення	250000 грн – ціни невисокі	Підприємства великі, середні та малі(цехи)	250000-450000.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 6. 29):

Таблиця 6.29 - Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Замовлення проекту	Швидкість виконання, надійність(надання консультацій в продовж року)	Нульового рівня	Власні сили

Визначаючи оптимальну систему продажів, було вирішено, що ми будемо здійснювати продажі самостійно.

Останній компонент маркетингової програми - це розробка концепції маркетингових комунікацій, що базується на заздалегідь обраній основі для позиціонування, конкретної поведінки клієнта (таблиця 6.31).

Таблиця 6.30 - Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування
Орієнтована на використання вузькоспеціальної комунікації, що визначається особливістю галузевої приналежності	Інтернет, виставки, друкована продукція	Спеціалізовані виставки такі як: Міжнародна спеціалізована виставка ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ/ПОЖТЕХ; Міжнародний авіакосмічний салон АВІАСВІТ; Галузева експозиція ПЕК УКРАЇНИ; Міжнародна спеціалізована виставка гірничодобувної промисловості INDUSTRY; Міжнародна спеціалізована виставка НАФТОГАЗЕКСПО; продукція. В мережі інтернет буде здійснюватися, адресна розсилка комерційних пропозицій за базою даних потенційних клієнтів.

В результаті пункту 6.4 ми створили ринкову програму, яка включає концепції продукту, продажі, акції та попередній аналіз цін на основі цінностей та потреб клієнтів, конкурентних переваг ідеї, стану та динаміки ринкового середовища в межах який проект буде реалізований.

7 РОЗРАХУНКИ ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ

7.1 Кінематичні та параметричні розрахунки

7.1.1. Розрахунок приводу гумозмішувача

Схема змішувача на рисунку 7.1.1

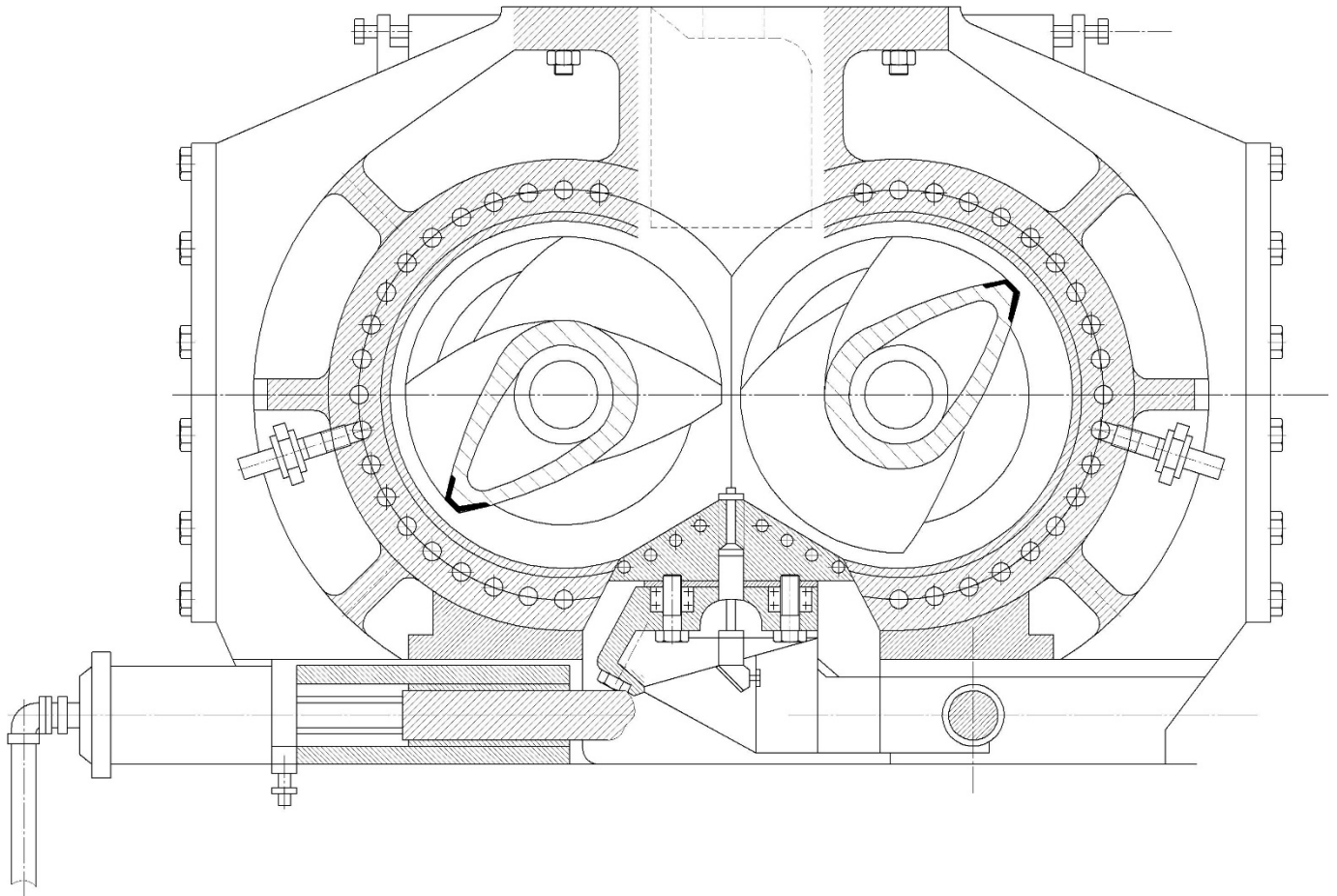


Рисунок 7.1.1 - Схема змішувача

Вихідні дані:

Частота обертання роторів, об/с:

швидкохідного z_1 0,66;

Реологічні константа гумової суміші n 0,1.

Внутрішній діаметр змішувальної камери D_0 , м 0,56.

тихохідного z_2 0,56.

Ширина кромки гребеня ротора δ , м 0,024.

Зазор між гребенем ротора та стінкою
змішувальної камери h_0 , м 0,0035.

Площа півкамери F , м² 0,31.

Довжина короткого гребеня ротора l_2 , м 0,405.

Довжина довгого гребеня ротора l_1 , м 0,657.

Динамічна в'язкість гумової суміші μ , Па·с 0,26·10⁶.

Визначаємо середню частоту обертання роторів:

$$z_{\text{ср}} = \frac{z_1 + z_2}{2} = \frac{40 + 33,5}{2} = 36,75 \text{ об/хв.}$$

Розраховуємо потужність приводу електродвигуна [16]:

$$\begin{aligned} N &= 2\mu \left(\frac{\pi z_{\text{ср}}}{60} \right)^{n+1} \{ [l_1 (0,5^{n+1} + 0,865^{n+1}) + 2l_2 0,705^{n+1}] F + \left(\frac{D}{h_0} \right)^{n+1} h_0 \delta (l_1 + l_2) \} = \\ &= 2 \cdot 0,26 \cdot 10^6 \left(\frac{3,14 \cdot 36,75}{60} \right)^{0,1+1} + \{ [0,657 (0,5^{0,1+1} + 0,865^{0,1+1}) + \\ &+ 2 \cdot 0,405 \cdot 0,705^{0,1+1}] 0,31 + \left(\frac{0,56}{0,0035} \right)^{0,1+1} \cdot 0,0035 \cdot 0,024 (0,657 + 0,405) \} = 457 \text{ Вт}. \end{aligned}$$

Визначене значення відноситься до постійного режиму. Враховуючи перевантаження при введенні компонентів суміші в змішувач, потужність двигуна визначається співвідношенням:

$$N_{\text{дв}} = \frac{kN}{\eta},$$

де k – коефіцієнт перевантаження;

η – загальний коефіцієнт корисної дії:

$$\eta = \eta_i \eta_{\delta\dot{a}\ddot{a}} \eta_{\sigma i} \eta_i^4 = 0,98 \cdot 0,92 \cdot 0,99 \cdot 0,99^4 = 0,857$$

де η_i – ККД пружної пальцевої муфти;

$$N_{\dot{a}\ddot{a}} = \frac{1,5 \cdot 457}{0,857} = 800 \text{ кВт.}$$

$\eta_{\sigma i}$ – ККД шарнірної муфти;

$\eta_{\delta\dot{a}\ddot{a}}$ – ККД блок-редуктора;

η_i – ККД сферичного дворядкового підшипника.

Висновок: За результатами розрахунків двигун марки 2СДР-71ОУ-6-У3 має потужність 800 кВт і швидкість 1053 об / хв..

7.2 Тепловий розрахунок

7.2.1. Розрахунок кількості теплоти

Схема змішувальної камери на рисунку 7.2.1.1

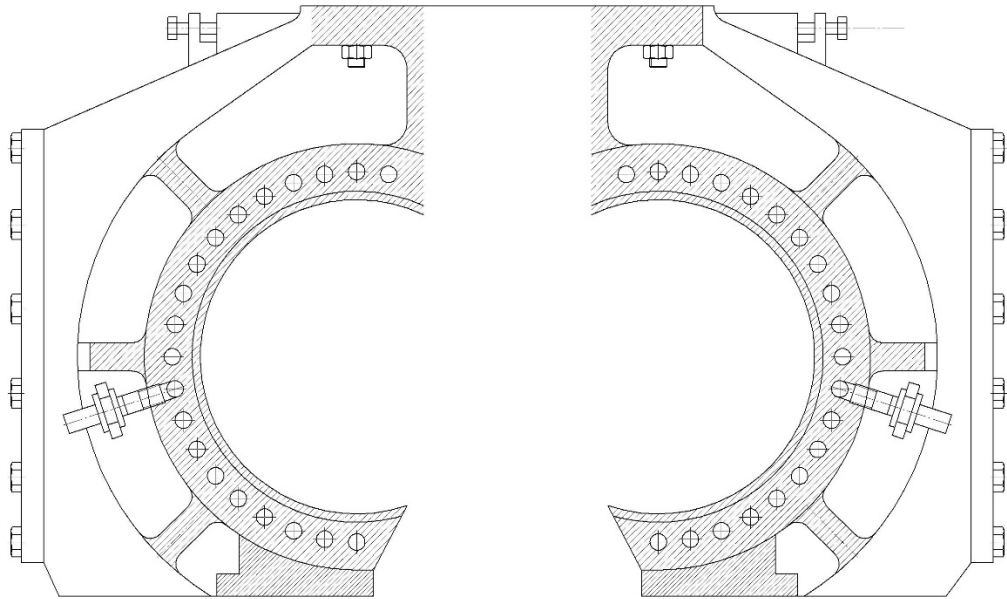


Рисунок 7.2.1.1 Змішувальна мішувальна камери

Вихідні дані:

Об'єм завантажувальної суміші V , м^3 0,18.

Температура суміші при вивантаженні $^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{сум.кін.}}$ 140.

Початкова температура суміші $^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{сум.поч.}}$ 20.

Час перебування суміші в камері τ , с 180.

Витрата води на охолодження гумозмішувача $G_{\text{в.}}$, $\text{м}^3/\text{год}$, 10.

Встановлена потужність електродвигуна N , кВт 800.

Температура охолоджувальної води $^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{в.поч.}}$ 15.

Питома теплоємність суміші $c_{\text{сум.}}$, ккал/год 0,4.

Питома вага матеріалу γ , $\text{кг}/\text{м}^3$ 1240.

Визначимо кількість теплоти, яка виділяється за годину роботи змішувача:

$$Q = 860 N \eta_1 \eta_2 = 860 \cdot 800 \cdot 0,857 \cdot 0,6 = 353770 \frac{\text{ккал}}{\text{год}} = 411434 \text{ Вт},$$

де η_2 – коефіцієнт використання корисної потужності, $\eta_2 = 0,6$.

η_1 – коефіцієнт корисної дії, $\eta_1 = 0,857$;

Визначаємо вагу:

$$G = P \gamma = 0,19 \cdot 1240 = 236$$

Максимальна продуктивність гумозмішувача:

$$G_{\text{зм.}} = \frac{3600 G}{\tau} = \frac{3600 \cdot 236}{180} = 4720 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

Визначаємо кількість теплоти, для розігріву гуми:

$$Q_{\text{сум.}} = G_{\text{зм.}} c_{\text{сум.}} (t_{\text{сум.кін.}} - t_{\text{сум.поч.}}) = 4720 \cdot 0,4(140 - 20) = 226560 \frac{\text{ккал}}{\text{год}} = 263489 \text{ Вт}$$

Визначаємо кількість теплоти, яку необхідно відвести охолоджувальною рідиною:

$$Q_{\text{в.}} = Q - Q_{\text{сум.}} - Q_{\text{ст.}} = 411434 - 263489 - 47850 = 100095 \frac{\text{ккал}}{\text{год}} = 116411 \text{ Вт}$$

де $Q_{\text{вт.}}$ – втрати в навколишнє середовище. Через значні втрати при вивантаженні приймаємо $Q_{\text{вт.}} = 10 \%$,

$$Q_{\text{ст.}} = 0,1 \cdot 411434 \cdot 1,163 = 47850 \text{ Вт.}$$

В зону камер подається $G_{\text{лк}} = 3500 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$, у ротор подається $G_p = 4000$

$\frac{\text{кг}}{\text{год}}$, в горбушу подається $G_{\text{горб.}} = 2500 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$.

Визначаємо швидкість води в каналах камер[17]:

$$w_1 = \frac{G_{\text{лк}}}{0,785 d^2 \rho_s 3600} = \frac{3500}{0,785 \cdot 0,032^2 \cdot 1000 \cdot 3600} = 1,22 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

де d – діаметр каналу в півкамері.

ρ_B – густина охолоджувальної води;

Визначаємо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_1 d}{\nu} = \frac{1,22 \cdot 0,032}{1,16 \cdot 10^{-6}} = 33655 > 10000$$

де ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості охолоджувальної води.

Критерій Рейнольдса більше 10000, отже режим руху рідини в півкамерах – турбулентний. Критерій Нусельта для турбулентного режиму:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} \varepsilon_e = 0,021 \cdot 33655^{0,8} \cdot 8,27^{0,43} \left(\frac{8,27}{7,77} \right)^{0,25} \cdot 0,9 = 199,25$$

де Pr_{cm} – критерій Прандтля при середній температурі стінки 17°N ,

Pr – критерій Прандтля при температурі 15°N ,

ε_e – поправковий коефіцієнт, що враховує довжину труби

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \lambda}{d} = \frac{199,25 \cdot 0,586}{0,032} = 3648,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності води $t=15^\circ \text{N}$.

Коефіцієнт тепловіддачі від гуми до стінки приймаємо $\alpha_2 = 755 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$

Визначемо коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ct}}{\lambda_{ct}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{3648,8} + \frac{0,039}{46,52} + \frac{1}{755}} = 410,68 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$$

де λ_{ct} – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки.

δ_{ct} – товщина стінки півкамери, через яку йде тепловіддача;

Визначаємо площу півкамер:

$$F = \pi d l z = 3,14 \cdot 0,032 \cdot 0,88 \cdot 12 = 1,061 \text{ м}^2,$$

де z - кількість каналів у половинній камері.

l - довжина каналів у напівкамері;

У процесі перемішування температура суміші змінюється з 19 до 141, а температура теплоносія - з 14 до 19.

Середня різниця t між сумішшю і теплоносієм:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\varepsilon} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\varepsilon}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{122 - 5}{\ln \frac{122}{5}} = 36,6,$$

де $\Delta t_{\varepsilon} = 122 \text{ }^{\circ}\text{Ñ}$, а $\Delta t_{\text{м}} = 5 \text{ }^{\circ}\text{Ñ}$.

Визначимо кількість теплоти, що віддає поверхня півкамер [17]:

$$Q = k F \Delta t = 410,68 \cdot 1,061 \cdot 36,6 = 15947,7 \text{ Вт.}$$

Кількість теплоти, що вся камера:

$$Q_k = 2Q = 2 \cdot 15947,7 = 31896 \text{ Вт.}$$

Перевіряємо значення прийнятої t стінки:

$$t_{\text{ст.1}} = t_{\text{а.н.в.}} + \frac{k}{\alpha_1} \Delta t = 16,5 + \frac{410,68}{3648,8} \cdot 36,6 = 20,62 \text{ }^{\circ}\text{Ñ} = 293,78 \text{ К}$$

де $t_{\text{в.ср.}}$ – середня t води.

Розрахуємо кількість теплоти, що відводиться поверхнею ротора.

Визначимо середню швидкість рідини в роторному каналі:

$$w_2 = \frac{G_{\text{горб.}}}{0,785 d^2 \rho_{\text{с}} 3600} = \frac{4000}{0,785 \cdot 0,018^2 \cdot 1000 \cdot 3600} = 4,3 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

де $d_{\text{пр}}$ – діаметр умовного каналу в роторі.

Визначаємо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_2 d_{екв.}}{\nu} = \frac{0,0194 \cdot 0,27}{1,16 \cdot 10^{-6}} = 4516 < 10000$$

де $d_{екв.}$ – еквівалентний діаметр каналу,

$$d_{екв.} = \frac{4S}{\Pi} = \frac{4 \cdot 0,0572}{0,845} = 0,27$$

де Π – змочений периметр каналу.

Критерій Нусельта перехідного режиму:

$$Nu = k Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_{ст}} \right)^{0,25} \varepsilon_e = 18,6 \cdot 8,27^{0,43} \cdot \left(\frac{8,27}{7,77} \right)^{0,25} \cdot 1,42 = 66,5$$

де ε_e – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив довжини труби на теплопередачу (при співвідношенні $\frac{l}{d} = \frac{810}{270} = 3 \varepsilon_e = 1,42$).

k – коефіцієнт, який функцією критерію Рейнольдса. При $Re = 4516$
 $k = 18,6$;

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до рідини:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \lambda}{d} = \frac{66,5 \cdot 0,586}{0,27} = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від суміші до стінки приймаємо
 $\alpha_2 = 755 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі[18]:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{144} + \frac{0,057}{46,52} + \frac{1}{755}} = 106 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

де $\lambda_{ст}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки.

$\delta_{ст}$ – товщина стінки ротора, через яку йде тепловіддача;

Визначимо площу поверхні ротора:

$$F_p = \pi DL = 3,14 \cdot 0,316 \cdot 0,88 = 0,874 \text{ м}^2,$$

де D – середній діаметр ротора.

L – довжина ротора;

Під процесу змішання температура суміші змінюється від 19 до 141 °Ñ, а температура охолоджувальної рідини – від 14 до 19 °Ñ.

Температура між сумішшю та охолоджувальною рідиною:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\varepsilon} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\varepsilon}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{122 - 5}{\ln \frac{122}{5}} = 36,6,$$

де $\Delta t_{\varepsilon} = 122$ °Ñ, а $\Delta t_{\text{м}} = 5$ °Ñ.

Визначимо кількість теплоти, що припадає на поверхню ротора:

$$Q_p = kF_p \Delta t = 2 \cdot 106 \cdot 0,874 \cdot 36,6 = 6805 \text{ Вт.}$$

Перевіримо значення прийнятої температури стінки:

$$t_{\text{ст}2} = t_{\text{а.н.н.}} + \frac{k}{\alpha_1} \Delta t = 16,5 + \frac{106}{144} \cdot 36,6 = 43,8 \text{ °Ñ} = 316,96 \text{ К}.$$

Перевірене значення температури стінки не співпадає з раніше прийнятим значенням. Робимо перерахунок на розрахункову t .

$Pr'_{\text{н.н.}} = 4$ – критерій Прандтля при розрахунковій температурі стінки.

Тоді критерій Нусельта:

$$Nu' = k Pr'^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr'_{\text{н.н.}}} \right)^{0,25} \varepsilon_{\text{а}} = 18,6 \cdot 8,27^{0,43} \cdot \left(\frac{8,27}{4} \right)^{0,25} \cdot 1,42 = 78,5.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до рідини:

$$\alpha'_1 = \frac{Nu \lambda}{d} = \frac{78,5 \cdot 0,586}{0,27} = 171 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°Ñ}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{171} + \frac{0,057}{46,52} + \frac{1}{755,95}} = 119 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Кількість теплоти, що припадає на поверхню ротора:

$$Q_p' = k' F_p \Delta t = 2 \cdot 119 \cdot 0,874 \cdot 36,6 = 7661 \text{ Вт}.$$

Визначаємо середню швидкість рідини в каналі горбуші:

$$w_3 = \frac{G_{\text{г.д.}}}{0,785 d^2 \rho_a 3600} = \frac{2500}{0,785 \cdot 0,018^2 \cdot 1000 \cdot 3600} = 2,73 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

де d – діаметр каналу в горбуші.

Визначаємо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_3 d}{\nu} = \frac{2,73 \cdot 0,018}{1,16 \cdot 10^{-6}} = 42368 > 10000,$$

Критерій Рейнольдса більше 10001, отже, режим руху рідини в каналах горбуші – турбулентний. Критерій Нусельта для турбулентного режиму:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} \varepsilon_e = 0,021 \cdot 42368^{0,8} \cdot 8,27^{0,43} \left(\frac{8,27}{7,77} \right)^{0,25} \cdot 1 = 266,$$

де ε_e – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив довжини труби на теплопередачу (при співвідношенні $\frac{l}{d} = \frac{880}{18} = 48,8 \varepsilon_e = 1$).

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до рідини:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \lambda}{d} = \frac{266 \cdot 0,586}{0,018} = 8660 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від суміші до стінки приймаємо

$$\alpha_2 = 755 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{8660} + \frac{0,017}{46,52} + \frac{1}{755}} = 555,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}},$$

де $\delta_{ст}$ – товщина стінки горбуші, через яку йде тепловіддача;

$\lambda_{ст}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки.

Визначення площі поверхні горбуші:

$$F_{горб.} = \pi d l z = 3,14 \cdot 0,018 \cdot 0,88 \cdot 8 = 0,398 \text{ м}^2,$$

де z – кількість каналів.

l – довжина горбуші;

Під процесу змішання температура суміші змінюється від 19 до 141 °C, а температура охолоджувальної води – від 14 до 19 °C.

Температура між сумішшю та охолоджувальною рідиною:

$$\Delta t = \frac{\frac{\Delta t_{\varepsilon} - \Delta t_{\mu}}{\ln \frac{\Delta t_{\varepsilon}}{\Delta t_{\mu}}}}{\ln \frac{122}{5}} = 36,6$$

де $\Delta t_{\varepsilon} = 122$ °C, а $\Delta t_{\mu} = 5$ °C.

Визначимо кількість теплоти:

$$Q_{горб.} = k F_{горб.} \Delta t = 555,6 \cdot 0,398 \cdot 36,6 = 8093 \text{ Вт.}$$

Перевіряємо значення прийнятої t стінки:

$$t_{ст.3} = t_{а.ст.} + \frac{k}{\alpha_1} \Delta t = 16,5 + \frac{555,6}{8660} \cdot 36,6 = 18,8 \text{ °C} = 291,96 \text{ К.}$$

Визначимо кількість теплоти, що відводиться від гумозмішувача рідиною:

$$Q_{сум} = Q_k + Q_p + Q_{горб} = 31896 + 6805 + 8093 = 46794 \text{ Вт.}$$

$$Q_{в.} = 116411 \text{ Вт.}$$

$$Q_{\text{сум}} < Q_{\text{в.}}$$

7.3 Розрахунки на міцність

7.3.1 Розрахунок півкамери на вигин

Мета розрахунку: перевірка умови міцності при вигині.

Розрахункова схема наведена на рис 7.3.1.1

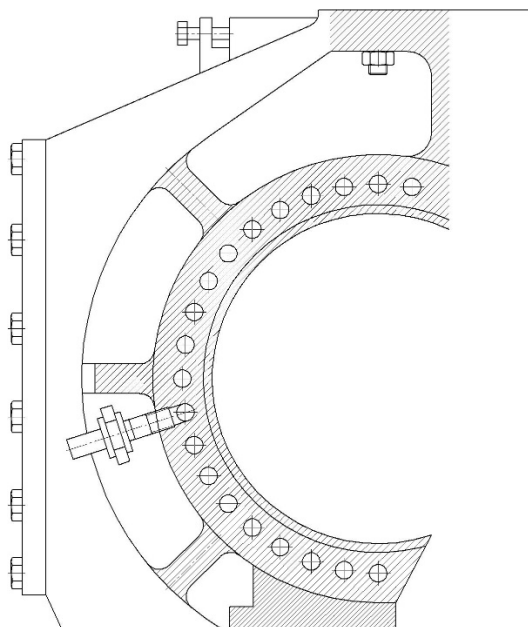


Рисунок 7.3.1.1 – Розрахункова схема півкамери

Вихідні дані:

Допустиме напруження [15] для

Сталі 20ЛІ ГОСТ 977-88 $[\sigma]$, МПа

73.

Радіус фігурної частини ротора $R_{\text{рот}}$, м

0,277.

Крутний момент, що діє на роторі $M_{\text{рот}}$, Н·м

200529.

Кожна з напівкамер працює на вигин під дією сили круга Р та на кручення з моменту МТ

Розділимо розділ на вісім розділів. Знайдіть центр ваги перетину

відносно осі Y:

$$y_c = \frac{F_1 y_1 + F_2 y_2 + F_3 y_3 + F_4 y_4 + F_5 y_5 + F_6 y_6 + F_7 y_7 - F_8 y_8}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 - F_8},$$

(1.3.1.1)

де y_i – координата центра ваги ділянки відносно осі Y-Y.

F_i – площа ділянки;

Визначимо площу кожної ділянки.

Площа 1ї ділянки:

$$F_1 = b_1 h_1 = 50 \cdot 215 \cdot 10^{-6} = 10,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де b_1, h_1 – геометричні розміри 1ї ділянки.

Площа 2ї ділянки:

$$F_2 = b_2 h_2 = 230 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де b_2, h_2 – геометричні розміри 2ї ділянки.

Площа 3ї ділянки:

$$F_3 = \gamma (R^2 - r^2) = 1,919 (380^2 - 280^2) 10^{-6} = 12,67 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2,$$

де R – зовнішній радіус;

γ – половина кута сектора кута, рад.

r – внутрішній радіус;

Площа 4ї ділянки:

$$F_4 = \frac{b_4 + b'_4}{2} h_4 = \frac{75 + 55}{2} 190 \cdot 10^{-6} = 12,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де b_4, b'_4, h_4 – геометричні розміри 4ї ділянки

Площа 5ї ділянки:

$$F_5 = \frac{b_5 + b'_5}{2} h_5 = \frac{45 + 40}{2} 190 \cdot 10^{-6} = 8,075 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де b_5, b'_5, h_5 – геометричні розміри 5ї ділянки

Площа 6ї ділянки:

$$F_6 = b_6 h_6 = 45 \cdot 190 \cdot 10^{-6} = 8,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де b_6, h_6 – геометричні розміри шостої ділянки.

Площа 7ї ділянки:

$$F_7 = \frac{b_7 + b'_7}{2} h_7 = \frac{160 + 50}{2} 310 \cdot 10^{-6} = 32,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де b_7, b'_7, h_7 – геометричні розміри 7ї ділянки

Площа 8ї ділянки:

$$F_8 = n \frac{\pi d^2}{4} = 20 \frac{3,14 \cdot 32^2 \cdot 10^{-6}}{4} = 16,07 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

$$F'_8 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 32^2 \cdot 10^{-6}}{4} = 0,804 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де d – діаметр отвору.

n – кількість отворів;

Знайдемо y_i – координату центра ваги кожної ділянки відносно осі $Y-Y$.

$$y_1 = \frac{h_1}{2} = \frac{215}{2} 10^{-3} = 107,5 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_2 = \frac{h_2}{2} = \frac{40}{2} 10^{-3} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_3 = \frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \cdot \frac{\sin \gamma}{\gamma} = \frac{2(380^3 - 280^3) 10^{-3} \sin 110}{3(380^2 - 280^2) 1,919} = 162,8 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_4 = y'_4 + R + a = (90,1 + 380 + 130) 10^{-3} = 600,1 \text{ м},$$

де y'_4 – центр ваги ділянки F_4 ,

$$y'_4 = \frac{h_4}{3} \cdot \frac{b_4 + 2b'_4}{b_4 + b'_4} = \frac{190(75 + 2 \cdot 55) 10^{-3}}{3(75 + 55)} = 90,1 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

a – відстань від центру O до осі $Y-Y$.

Ребро F_5 розташоване під кутом 45° до осі $X-X$.

$$y'_5 = \frac{h_5}{3} \cdot \frac{b_5 + 2b'_5}{b_5 + b'_5} = \frac{190(45 + 2 \cdot 40)10^{-3}}{3(45 + 40)} = 93 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y''_5 = y'_5 + R = (93 + 380)10^{-3} = 473 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y'''_5 = y''_5 \cos 45^\circ = 473 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7071 = 335,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Ребро F_6 розташоване під кутом 31° до осі $X-X$.

$$y'_6 = \frac{h_6}{2} = \frac{190}{2}10^{-3} = 95 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y''_6 = y'_6 + R = (95 + 380)10^{-3} = 475 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y'''_6 = y''_6 \cos 31^\circ = 475 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8572 = 407 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_7 = \frac{h_7}{3} \cdot \frac{b_7 + 2b'_7}{b_7 + b'_7} = \frac{310(160 + 2 \cdot 50)10^{-3}}{3(160 + 50)} = 127,9 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y''_7 = h_7 - y'_7 = (310 - 127,9)10^{-3} = 182,1 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_7 = y''_7 - \frac{b_7}{4} + a = \left(182,1 - \frac{160}{4} + 13\right)10^{-3} = 272,1 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Знайдемо відстань від центра ваги кожного отвору до осі $Y-Y$.

$$y'_{81} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 10^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1736 = 58,16 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

де R – радіус отворів;

α – кут отворів відносно осі $Y-Y$.

$$y_{81} = a - y'_{81} = (130 - 58,16)10^{-3} = 71,84 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{82} = a = 130 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{83} = y'_{81} = 58,16 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{83} = y'_{83} + a = (58,16 + 130)10^{-3} = 188,2 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{84} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 20^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,342 = 114,6 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{84} = y'_{84} + a = (114,6 + 130)10^{-3} = 244,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{85} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 30^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 = 167,5 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{85} = y'_{85} + a = (167,5 + 130)10^{-3} = 297,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{86} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 40^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,643 = 215,3 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{86} = y'_{86} + a = (215,3 + 130)10^{-3} = 345,3 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{87} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 50^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,766 = 256,6 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{87} = y'_{87} + a = (256,6 + 130)10^{-3} = 386,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{88} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 60^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,866 = 290,1 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{88} = y'_{88} + a = (290,1 + 130)10^{-3} = 420,1 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{89} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 70^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9397 = 314,8 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{89} = y'_{89} + a = (314,8 + 130)10^{-3} = 444,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{810} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 80^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9848 = 329,9 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{810} = y'_{810} + a = (329,9 + 130)10^{-3} = 459,9 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{811} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 90^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 335 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{811} = y'_{811} + a = (335 + 130)10^{-3} = 465 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{812} = y_{810} = 459,9 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{813} = y_{89} = 444,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{814} = y_{88} = 420,1 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{815} = y_{87} = 386,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{816} = y_{86} = 345,3 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{817} = y_{85} = 297,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{818} = y_{84} = 246,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{819} = y_{83} = 188,2 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{820} = y_{82} = 130 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Центр ваги перетину відносно осі $Y-Y$ за формулою 7.3.1.1:

$$y_c = \frac{10,75 \cdot 107,5 + 9,2 \cdot 20 + 126,7 \cdot 162,8 + 12,35 \cdot 600,1 + 8,075 \cdot 33,58 + 8,55 \cdot 407}{10,75 + 9,2 + 126,7 + 12,35 + 8,075 + 8,55 + 32,55 - 16,077} + \\ + \frac{32,55 \cdot 272,1 + 16,077(71,84 + 130 \cdot 2 + 188,2 \cdot 2 + 244,6 \cdot 2 + 297,5 \cdot 2 + 345,3 \cdot 2}{+ \frac{386,6 \cdot 2 + 420,1 \cdot 2 + 444,8 \cdot 2 + 459,9 \cdot 2 + 465)}{10^{-3}} = 204,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Момент інерції осі y_c – y_c :

$$I_y = (I_{y1} + a_1^2 F_1) + (I_{y2} + a_2^2 F_2) + (I_{y3} + a_3^2 F_3) + (I_{y4} + a_4^2 F_4) + \\ + (I_{y5} + a_5^2 F_5) + (I_{y6} + a_6^2 F_6) + (I_{y7} + a_7^2 F_7) - (I_{y8} + a_8^2 F_8)$$

Розрахуємо момент інерції.

Момент інерції для ділянки F_1 :

$$I_{y1} = \frac{b_1 h_1^3}{12} = \frac{50 \cdot 215^3}{12} 10^{-12} = 41,41 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Момент інерції для ділянки F_2 :

$$I_{y2} = \frac{b_2 h_2^3}{12} = \frac{230 \cdot 40^3}{12} 10^{-12} = 1,23 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Момент інерції для ділянки F_3 :

$$I_{y3} = \frac{R^4 - r^4}{8} \left(2\gamma + \sin 2\gamma - \frac{32 \sin^2 \gamma}{9\gamma} \right) = \frac{380^4 - 280^4}{8} \left(2 \cdot 1,919 + \sin^2 110^\circ - \frac{32 \sin^2 110^\circ}{9 \cdot 1,919} \right) = \\ = \frac{380^4 - 280^4}{8} \left(2 \cdot 1,919 + (0,9397)^2 - \frac{32(0,9397)^2}{9 \cdot 1,919} \right) 10^{-12} = 2865,84 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Момент інерції для ділянки F_4 :

$$I_{y4} = \frac{h_4^3 (b_4'^3 + 4b_4 b_4' + b_4^2)}{36(b_4' + b_4)} = \frac{190^3 (55^3 + 4 \cdot 55 \cdot 75 + 75^2)}{36(55 + 75)} 10^{-12} = 56,81 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Момент інерції ділянки F_5 , елемент F_5 по своїй формі є трапецією, яка нахилена під кутом 45° до осі $Y-Y$, зробимо заміну трапеції еквівалентним прямокутним перетином $b_5 \times h_5 = 42,5 \times 190 \text{ м}^2$.

Знайдемо момент інерції відносно осі $Y-Y$ для еквівалентного перетину:

$$I_{y5} = \frac{b_5 h_5}{12} (h_5^2 \cos^2 45^\circ + b_5^2 \sin^2 45^\circ) = \frac{42,5 \cdot 190}{12} (190^2 (0,7071)^2 + 42,5^2 (0,7071)^2) 10^{-12} = 12,754 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Момент інерції для ділянки F_6 :

$$I_{y6} = \frac{b_6 h_6}{12} (h_6^2 \cos^2 \alpha + b_6^2 \sin^2 \alpha) = \frac{45 \cdot 190}{12} (190^2 (0,515)^2 + 45^2 (0,857)^2) 10^{-12} = 7,88 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4,$$

де α – кут нахилу ребра до осі $Y-Y$.

Момент інерції для ділянки F_7 :

$$I_{y7} = \frac{h_7^3 (b_7^2 + 4b_7 b_7' + b_7'^2)}{36(b_7' + b_7)} = \frac{310^3 (160^2 + 4 \cdot 160 \cdot 50 + 50^2)}{36(160 + 50)} 10^{-12} = 236,83 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Момент інерції для ділянки F_8 :

$$I_{y8} = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 32^4}{64} 10^{-12} = 0,0514 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Визначаємо величини $a_1 - a_8$:

$$a_i = y_c - y_i,$$

де y_c – координата центра ваги всього перетину відносно осі $Y-Y$;

y_i – відстань від центра ваги кожної ділянки до осі $Y-Y$.

$$a_1 = y_c - y_1 = (204,6 - 107,5) 10^{-3} = 97,1 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$a_2 = y_c - y_2 = (204,6 - 20) 10^{-3} = 184,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$a_3 = y_c - y_3 = (204,6 - 162,8) 10^{-3} = 41,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$a_4 = y_c - y_4 = (204,6 - 600,1)10^{-3} = -395,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$a_5 = y_c - y_5 = (204,6 - 33,58)10^{-3} = 171,02 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$a_6 = y_c - y_6 = (204,6 - 407)10^{-3} = -202,4 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$a_7 = y_c - y_7 = (204,6 - 272,1)10^{-3} = -67,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$\begin{aligned} a_8 = \sum_{i=1}^{20} y_c - y_{8i} = & [(204,6 - 71,84) + (204,6 - 130)2 + (204,6 - 188,2)2 + \\ & + (204,6 - 244,6)2 + (204,6 - 297,5)2 + (204,6 - 345,3)2 + (204,6 - 386,6)2 + \\ & + (204,6 - 420,1)2 + (204,6 - 444,8)2 + (204,6 - 459,9)2 + (204,6 - 465)]10^{-3} = \\ & = -1687 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \end{aligned}$$

За формулою (4.2) розрахуємо сумарний момент інерції відносно осі y_c :

$$\begin{aligned} I_y = & (41,41 + 91,7^2 \cdot 10,75)10^{-3} + (1,23 + 184,6^2 \cdot 9,2)10^{-3} + \\ & (2865,84 + 41,8^2 \cdot 126,7)10^{-3} + (36,81 + (-395,5)^2 \cdot 12,35)10^{-3} + \\ & + (12,754 + 171,02^2 \cdot 8,075)10^{-3} + (7,88 + (-202,4)^2 \cdot 8,55)10^{-3} + \\ & + (236,83 + (-67,5)^2 \cdot 32,55)10^{-3} - (0,0514 + (-1687)^2 \cdot 16,077)10^{-3} = 5975,36 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4. \end{aligned}$$

Напруження вигину, що виникає в крайніх точках перетину:

$$\sigma_{a\bar{a}} = \frac{\dot{I}_{a\bar{a}}}{I_y} \rho,$$

(1.3.1.3)

де $\dot{I}_{a\bar{a}}$ – вигинаючий момент, що діє в перетині;

ρ – відстань від центру ваги перетину до найбільш віддалених точок;

$$\rho_1 = 0,2046 \text{ м, } \rho_2 = 0,3054.$$

Максимальне колове зусилля, що діє на ротор [19]:

$$P = \frac{M_{\text{ром}}}{R_{\text{ром}}} = \frac{200529}{0,277} = 785920 \text{ кН.}$$

Вигинаючий момент, що діє на камеру:

$$\dot{I}_{\epsilon\zeta\tilde{a}} = D \frac{l}{4} = 785920 \frac{0,88}{4} = 172902 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де l – довжина змішувальної камери.

Напруження вигину в верхніх розтягнутих волокнах:

$$\sigma_{\epsilon\zeta\tilde{a}} = \frac{172902}{5975,36 \cdot 10^{-6}} 0,305 = 8,8 \text{ МПа.}$$

Напруження вигину в нижніх розтягнутих волокнах:

$$\sigma'_{\epsilon\zeta\tilde{a}} = \frac{172902}{5975,36 \cdot 10^{-6}} 0,205 = 6 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{\epsilon\zeta\tilde{a}} < [\sigma]$$

$$\sigma'_{\epsilon\zeta\tilde{a}} < [\sigma].$$

Умова міцності виконується.

Висновок: в ході розрахунку напруження не перевищує допустиме значення, що забезпечує надійність та міцність конструкції.

7.3.2 Розрахунок роторів

Мета розрахунку: перевірка ротора на стійкість до дії зовнішнього та осьового навантаження.

Ескіз ротора зображено на рисунку 7.3.2.1

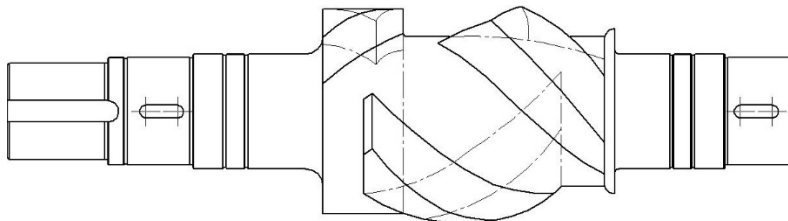


Рисунок 7.3.2.1 – Ескіз ротора

Вихідні дані:

Головний електродвигун:

частота обертання n , об/с 16,66;

Потужність $N_{\text{дв}}$, кВт 800;

напруга, В 6000.

Частота обертання роторів, об/с:

тихохідного 0,56.

швидкохідного 0,66;

Тиск в пневмоциліндрі завантажувального пристрою p , МПа 0,8.

Внутрішній діаметр пневмоциліндра D , м 0,5.

Кут підйому гвинтової лінії довгої лопаті, α_2 , ° 60.

Кут підйому гвинтової лінії короткої лопаті α_1 , ° 45.

Розрахунок роторів на міцність робимо за номінальною потужністю встановленого електродвигуна з урахуванням ККД приводу.

Визначаємо загальний ККД:

$$\eta = \eta_m \eta_p \eta_{ш} \eta_n = 0,98 \cdot 0,92 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 0,875$$

$\eta_p=0,98$ – ККД редуктора;

де $\eta_m=0,92$ – ККД пружної кільцевої муфти;

$\eta_n=0,99$ – ККД сферичного роликопідшипника.

Загальна потужність:

$$N = N_{\text{дв}} \eta = 800 \cdot 0,875 = 700 \text{ кВт.}$$

Крутний момент:

$$\dot{I}_{\text{ед}} = 9740 \cdot \frac{N}{n} = 9740 \cdot \frac{700}{34} = 200529 \text{ Н·м,}$$

На фігурну частину ротора діють:

а) крутний момент: $M_{\text{ром}} = 200529 \text{ Нм}$;

б) рівномірно розподілене навантаження від маси:

$$q_M = \frac{M_{\text{діо}}}{Rl_1} = \frac{200529}{0,277 \cdot 0,88} = 822649 \text{ Н/м,}$$

де $l = 0,88$ – довжина фігурної частини, м.

$R = 0,277$ – радіус фігурної частини, м;

в) рівномірно розподілене навантаження від дії завантажувального циліндра:

$$q_{\delta} = \frac{Q}{2l_1}$$

де Q – зусилля, що розвивається завантажувальним циліндром:

$$Q = pF_{\delta} = p \frac{\pi D^2}{4} = 0,8 \cdot 10^6 \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} = 157000 \text{ Н.}$$

$$q_{\delta} = \frac{157000}{2 \cdot 0,88} = 89205 \text{ Н/м.}$$

Повне розподілене навантаження, що діє на фігурну частину ротора:

$$q = q_M + q_{\delta} = 822649 + 89205 = 911854 \text{ Н/м.}$$

Визначимо реакцію на опорах [20]:

$$R_A = R_B = \frac{ql_1}{2} = \frac{911854 \cdot 0,88}{2} = 401216 \text{ Н.}$$

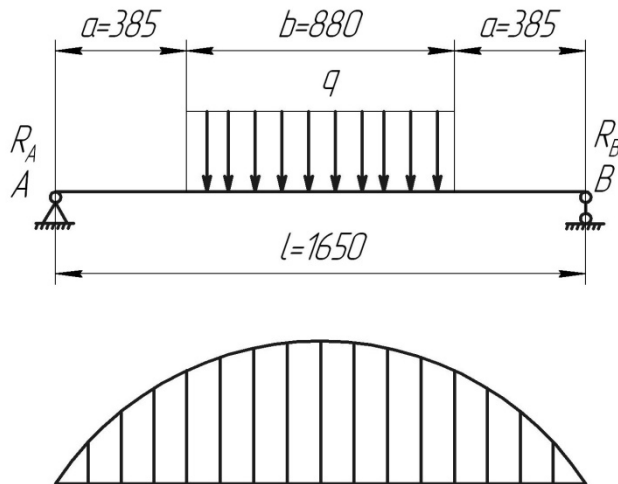


Рисунок 7.4.2 – Розрахункова схема

Визначимо осьове навантаження з боку короткої лопаті:

$$Q_1 = ql' \operatorname{ctg} \alpha_1 = 911854 \cdot 0,38 \cdot \operatorname{ctg} 45^\circ = 911854 \cdot 0,38 \cdot 1 = 346505 \text{ Н.}$$

Визначимо осьове навантаження з боку довгої лопаті:

$$Q_2 = ql'' \operatorname{ctg} \alpha_2 = 911854 \cdot 0,622 \cdot \operatorname{ctg} 60^\circ = 911854 \cdot 0,622 \cdot 0,577 = 327259 \text{ Н.}$$

Визначимо сумарне осьове навантаження:

$$A = Q_1 - Q_2 = 346505 - 327259 = 19246 \text{ Н.}$$

Визначаємо напругу в роторі.

Робоче напруження вигину в перетині I-I:

$$\sigma_I = \frac{\dot{I}_I}{w_I},$$

(1.3.2.2)

де \dot{I}_I – вигинаючий момент у перетині I-I:

$$\dot{I}_I = qb \frac{2c+b}{2l} \left[a + \frac{b(2c+b)}{4l} \right] = 911854 \cdot 0,88 \frac{2 \cdot 0,385 + 0,88}{2 \cdot 1,65} \times \\ \times \left[0,385 + \frac{0,88(2 \cdot 0,385 + 0,88)}{4 \cdot 1,65} \right] = 254772 \text{ І} \cdot \text{і} ,$$

де a, b, c, l – геометричні розміри перетину I-I.

W_I – осьовий момент опору повздовжнього перетину ротора:

$$W_I = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{a_1 b_1^3 - a_2 b_2^3}{b_1} = \frac{3,14(0,28 \cdot 0,155^3 - 0,225 \cdot 0,1^3)}{0,155} = 41,41 \cdot 10^{-4} \text{ і}^3 ,$$

де a_1, b_1, a_2, b_2 – геометричні розміри поперечного перетину I-I (еліпс).

Робоче напруження вигину в перетині I-I

$$\sigma_I = \frac{254772}{41,41 \cdot 10^{-4}} = 61,5 \text{ МПа.}$$

Визначимо напруження кручення в приведеному перетині:

$$\tau_I = \frac{\dot{I} \frac{\partial \dot{\varphi}}{\partial \dot{\varphi}}}{W_{\partial \dot{\varphi}}} = \frac{200529}{61,60 \cdot 10^{-4}} = 32,55 \text{ МПа,}$$

де $W_{кр}$ – момент опору крученню:

$$W_{\partial \dot{\varphi}} = \frac{\pi b_1^3 n}{2} (1 - \alpha^4) = \frac{3,14 \cdot 0,155^3 \cdot 1,81}{2} (1 - 0,804) = 61,60 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 ,$$

де n – відношення більшої півосі до меншої:

$$n = \frac{a_1}{b_1} = \frac{0,28}{0,155} = 1,81 ;$$

α – коефіцієнт:

$$\alpha = \frac{a_2}{a_1} = \frac{0,225}{0,28} = 0,804 .$$

Приведене напруження в перетині I-I:

$$\sigma_{i\partial} = \sqrt{\sigma_I^2 + 4\tau_I^2} = \sqrt{61,5^2 + 4 \cdot 32,55^2} = 89,56 \text{ МПа.}$$

Визначимо допустиме напруження для сталі 25Л-II по границі плинності:

$$[\sigma] = 0,8\sigma_T = 0,8 \cdot 320 = 256 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$\sigma_{r\delta} < [\sigma],$$

Умова міцності на розтяг для перетину ротора I-I виконується.

Розглянемо переріз II-II

Вигинаючий момент в перетині II-II:

$$\dot{I}_{\delta\delta} = R_A l_1 = 425040 \cdot 0,385 = 161515,2 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де R_A – реакція в опорі А:

$$R_A = \frac{qb(2a+b)}{2l} = \frac{911854 \cdot 0,88(2 \cdot 0,385 + 0,88)}{2 \cdot 0,165} = 425040 \text{ Н.}$$

l_1 – плече вигину.

Осьовий момент опору для перетину II-II:

$$W_{II} = 0,1D^3 \left(1 - \frac{d^4}{D^4} \right) = 0,1 \cdot 0,335^3 \left(1 - \frac{0,17^4}{0,336^4} \right) = 35,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

де d – внутрішній діаметр ротора в перетині II-II ;

D – зовнішній діаметр ротора в перетині II-II.

Напруження вигину в перетині II-II:

$$\sigma_{II} = \frac{M_{\delta\delta}}{W_{II}} = \frac{161515,2}{35,1 \cdot 10^{-4}} = 46 \text{ МПа.}$$

Полярний момент інерції:

$$W_p = 2W_{II} = 2 \cdot 35,1 \cdot 10^{-4} = 70,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Визначимо напруження кручення в перетині II-II:

$$\tau = \frac{\dot{I}_{\delta i \delta}}{W_{\delta}} = \frac{200529}{70,2 \cdot 10^{-4}} = 28,57 \text{ МПа.}$$

Приведене напруження в перетині II-II:

$$\sigma_{i\delta} = \sqrt{\sigma_{II}^2 + 4\tau_{II}^2} = \sqrt{46^2 + 4 \cdot 28,57^2} = 73,36 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$\sigma_{i\delta} < [\sigma],$$

Умова міцності на вигин для перетину ротора II-II виконується.

Полярний момент опору поперечного перетину вала, послабленого двома шпоночними канавками:

$$W_p = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{16D} - \frac{bh(2D - h)}{8D} = \frac{3,14(0,27^4 - 0,102^4)}{16 \cdot 0,27} - \frac{0,06 \cdot 0,032(2 \cdot 0,27 - 0,032)}{8 \cdot 0,27} = 37,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

де b – ширина шпоночного пазу;

d – внутрішній діаметр вала ;

h – висота шпонки;

D – зовнішній діаметр вала.

Номінальне кручення III-III:

$$\tau_{III} = \frac{\dot{I}_{\delta i \delta}}{W_{\delta}} = \frac{200529}{37,8 \cdot 10^{-4}} = 53,05 \text{ МПа.}$$

Приведене напруження в III-III:

$$\sigma_{i\delta} = \sqrt{4\tau_{III}^2} = \sqrt{4 \cdot 53,05^2} = 107 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$\sigma_{i\delta} < [\sigma].$$

Умова міцності на кручення для перетину ротора III-III виконується.

Перевіряємо міцність шпонок н.

Напруження зминання :

$$\sigma_{\varphi i} = \frac{4\dot{I}_{\varphi i}}{1,5dhl} = \frac{4 \cdot 200529}{1,5 \cdot 0,27 \cdot 0,032 \cdot 0,28} = 220 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$\sigma_{\varphi i} < [\sigma].$$

Умова міцності шпонок виконується.

Висновок: Обчислюється міцність небезпечних перерізів ротора, можна зробити висновок, що отримані дані не перевищують допустимих значень, що забезпечує стабільність і міцність ротора.

8 РОЗРАХУНКИ ВИКОНАНІ З ДОПОМОГОЮ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

8.1 Побудова числової моделі та результати числового моделювання роторів стандартного та модернізованого.

Проведено розрахунок на міцність запропонованої модернізації ротора та порівняємо їх на міцність. Механічна задача була направлена на вирішення питання міцності модернізованого вузла. Розраховано модернізацію розрахункової деталі.

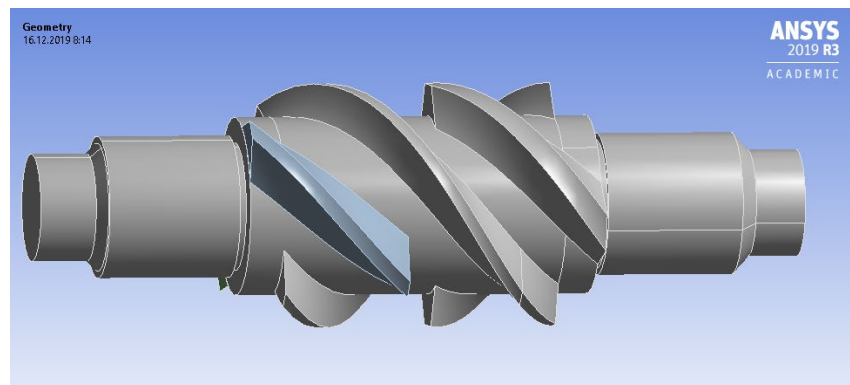


Рисунок 8.1.1 – геометрія модернізованого ротора

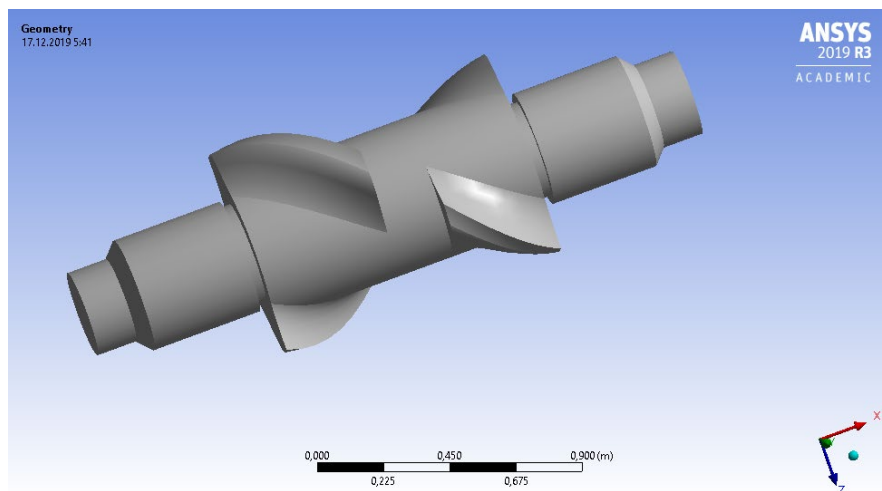


Рисунок 8.1.2 – геометрія стандартного ротора

В системі ANSYS побудовано скінченну елементну модель досліджуваного об'єкту.

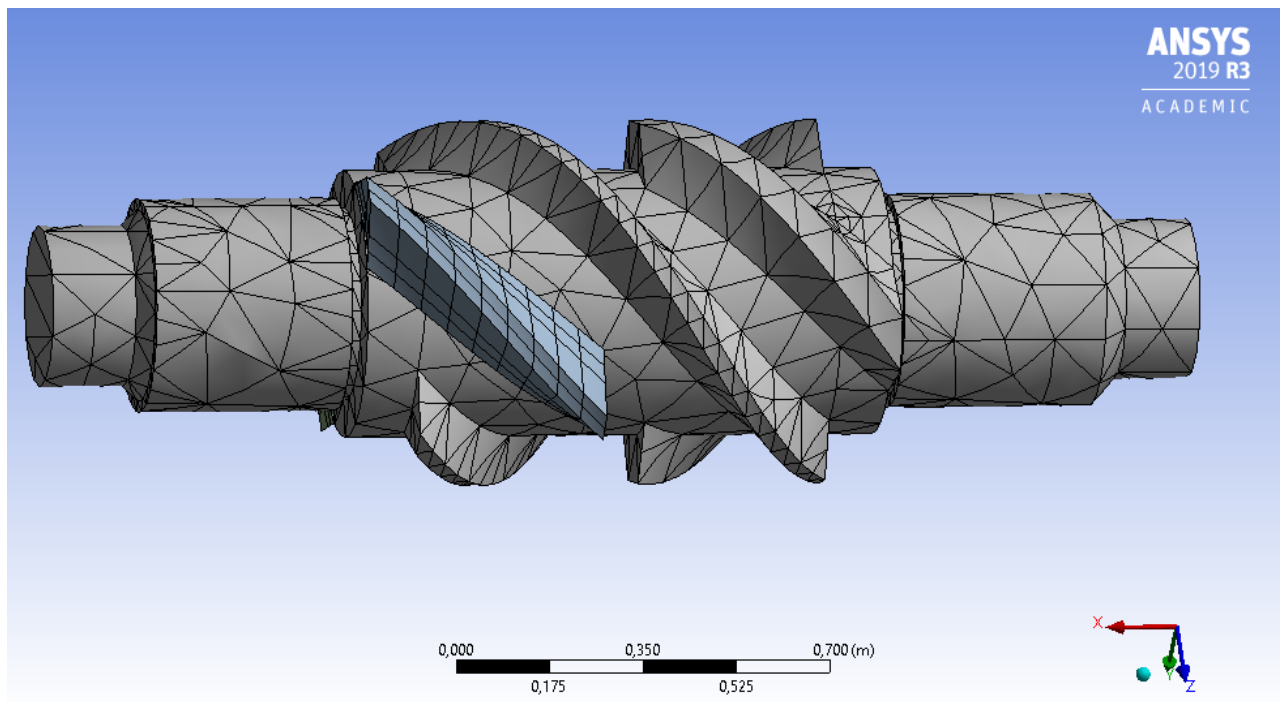


Рисунок 8.1.3 – Розрахункова сітка скінчених елементів

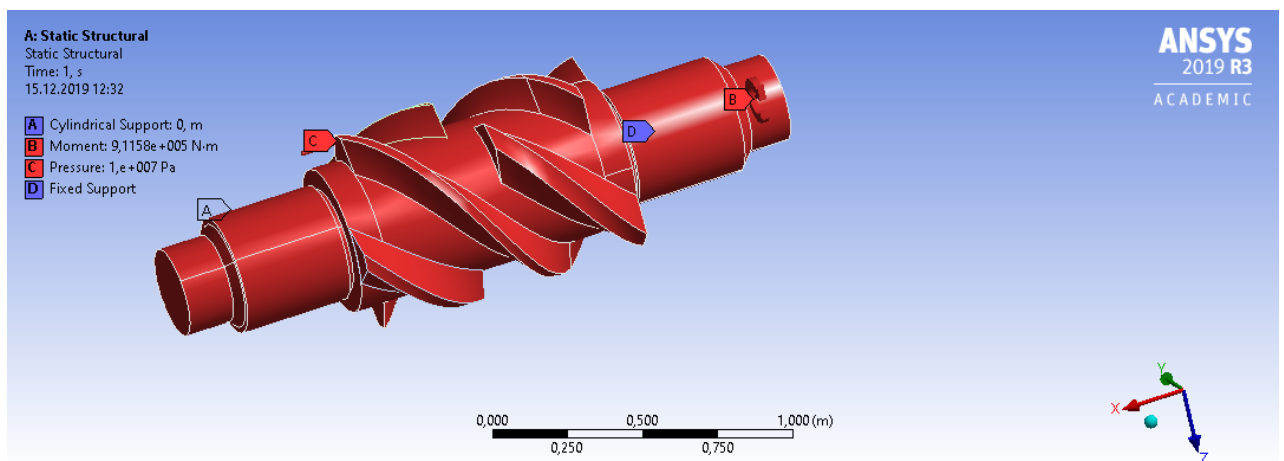


Рисунок 8.1.4 – Схема закріплень та навантажень

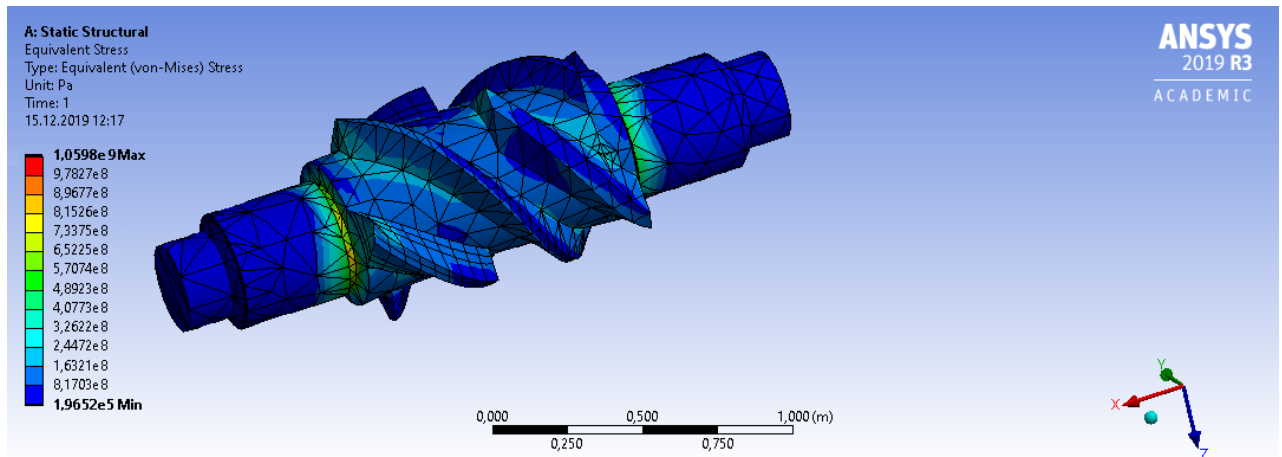


Рисунок 8.1.5 – Еквівалентна деформація ротора.

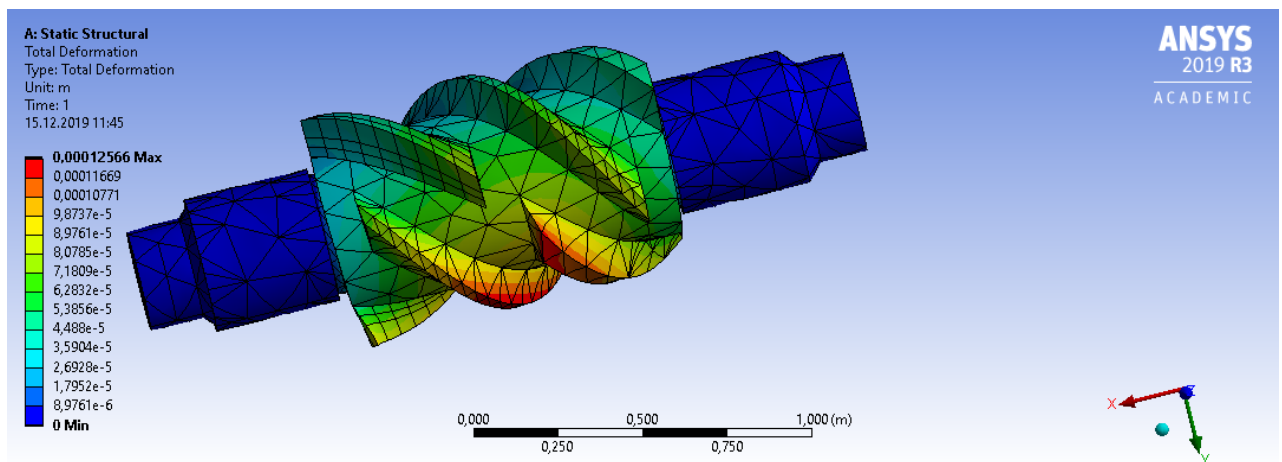


Рисунок 8.1.6 – Деформація ротора.

Аналогічно проводимо розрахунки з стандартним ротором, задаймо сталий крутний момент, сили опору, та порівнюємо результати розрахунку.

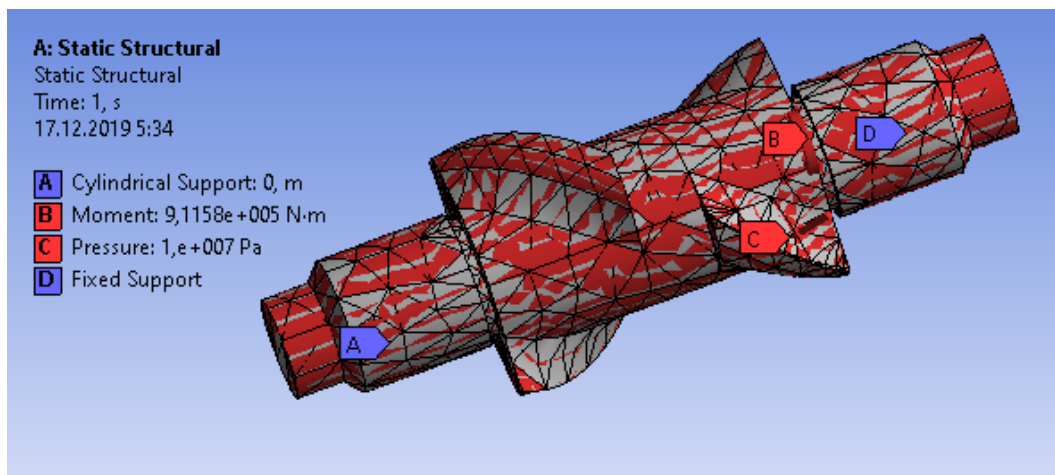


Рисунок 8.1.7 – Схема закріплень та навантажень(стандартного).

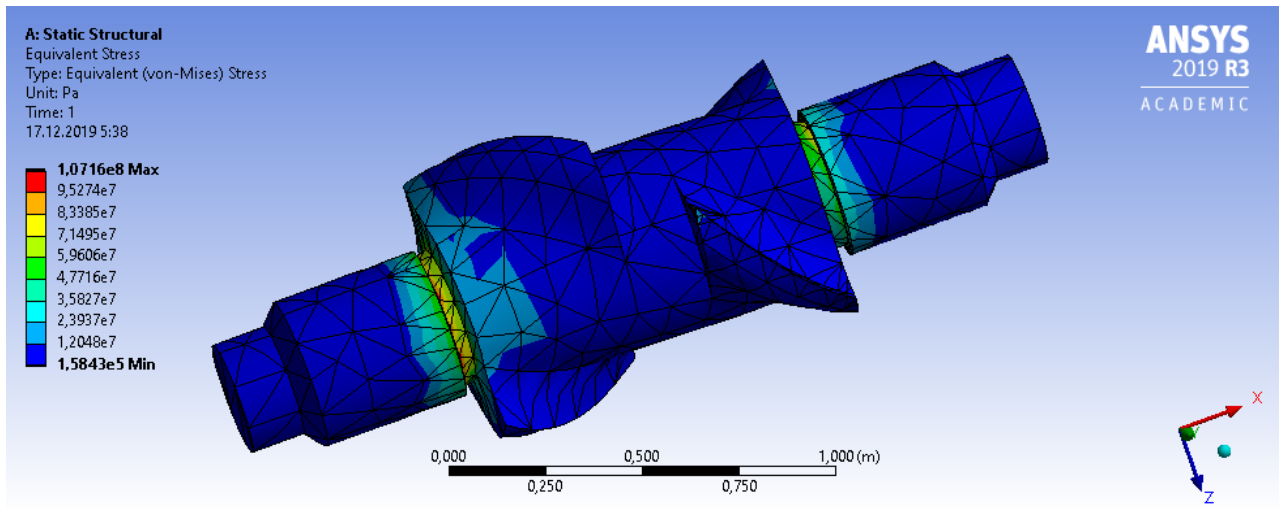


Рисунок 8.1.8 – Еквівалентна деформація ротора(стандартного).

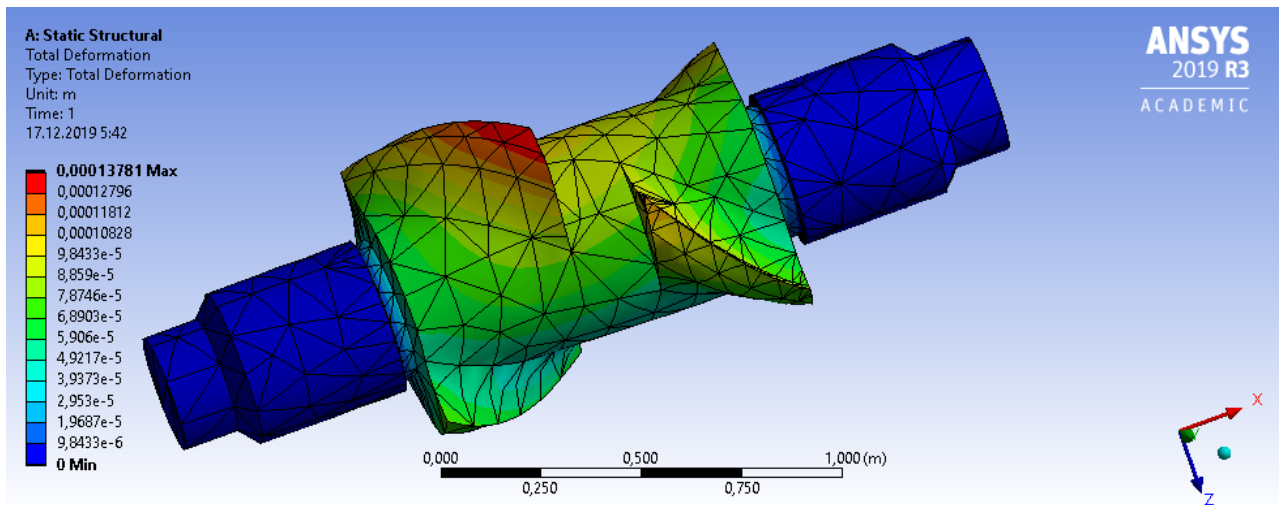


Рисунок 8.1.9 – Деформація ротора(стандартного).

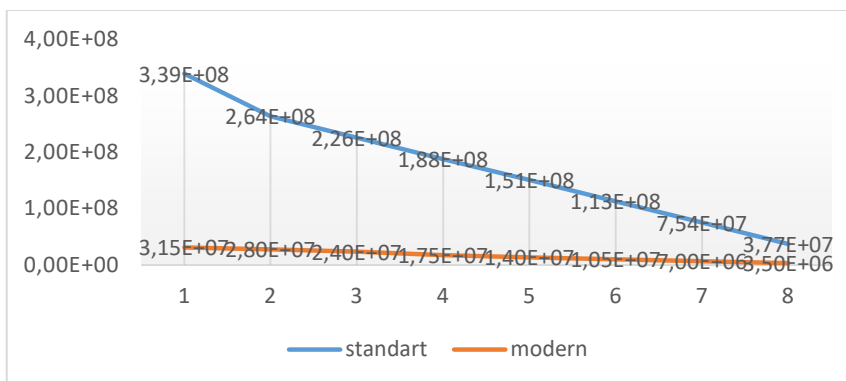


Рисунок 8.1.10 – Порівняння еквівалентних напружень модернізованого і стандартного ротора.

8.2 Побудова числової моделі та результати числового моделювання ущільнення стандартного та модернізованого.

Проведено розрахунок на міцність запропонованої модернізації ущільнення та порівняємо їх на міцність. Механічна задача була направлена на вирішення питання міцності модернізованого вузла. Розраховано модернізацію розрахункової деталі.

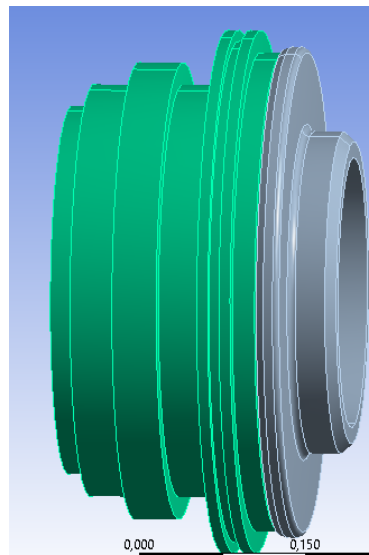


Рисунок 8.2.1 – геометрія стандартного ущільнення.

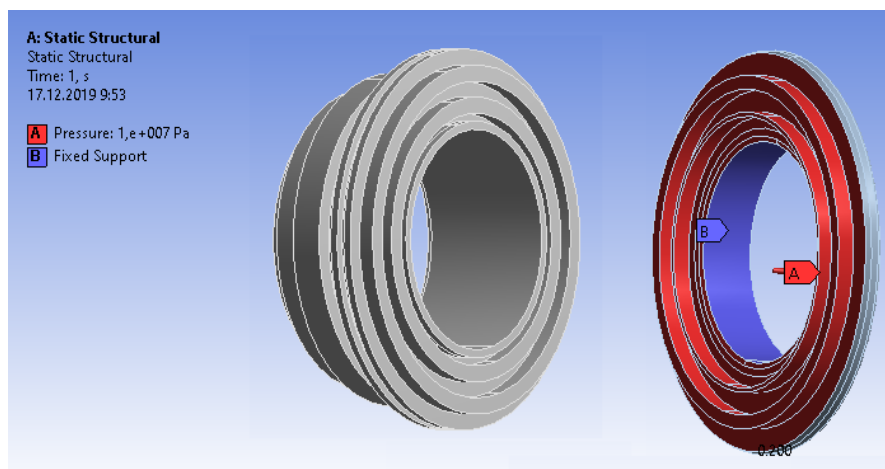


Рисунок 8.2.2 – схема закріплень та навантажень.

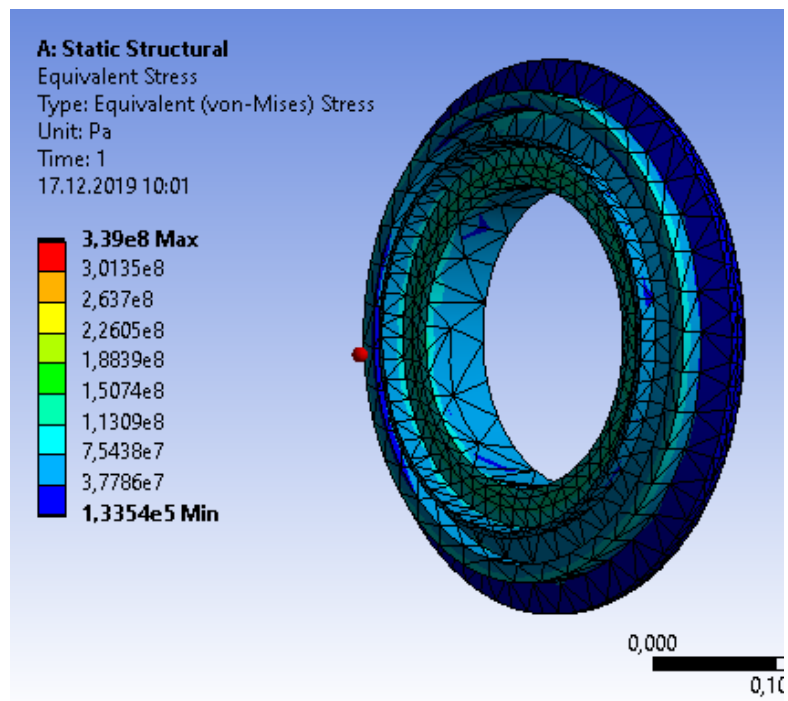


Рисунок 8.2.3 – Еквівалентні напруження

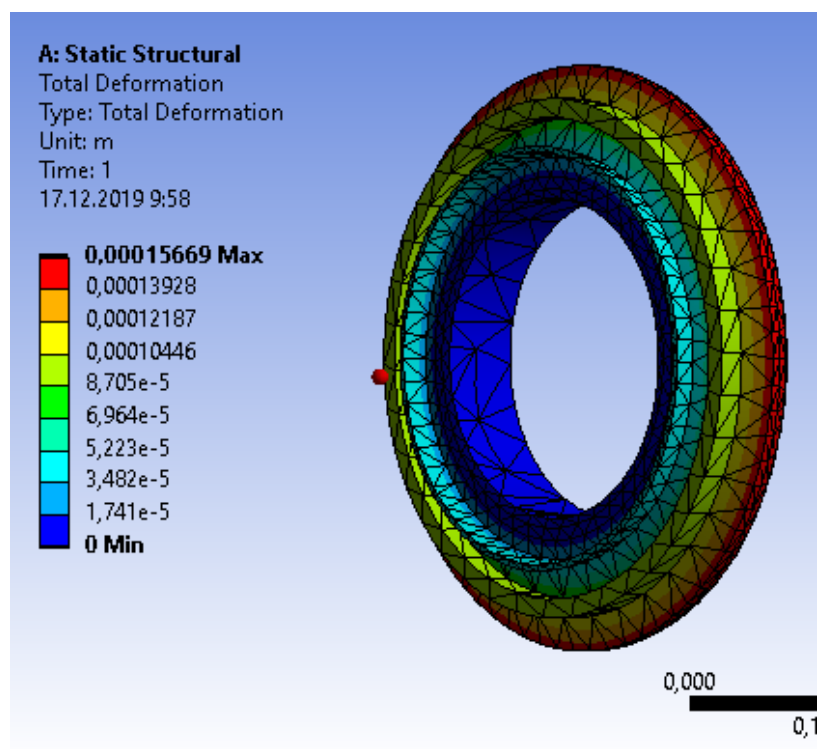


Рисунок 8.2.4 – деформація переміщення

Аналогічно проводимо розрахунки з модернізованим ущільненням ротором, задаймо сталий крутний момент, сили опору, та порівнюємо результати розрахунку.

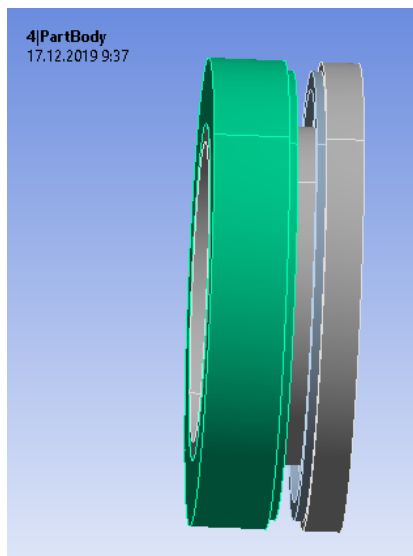


Рисунок 8.2.5 – геометрія стандартного ущільнення.

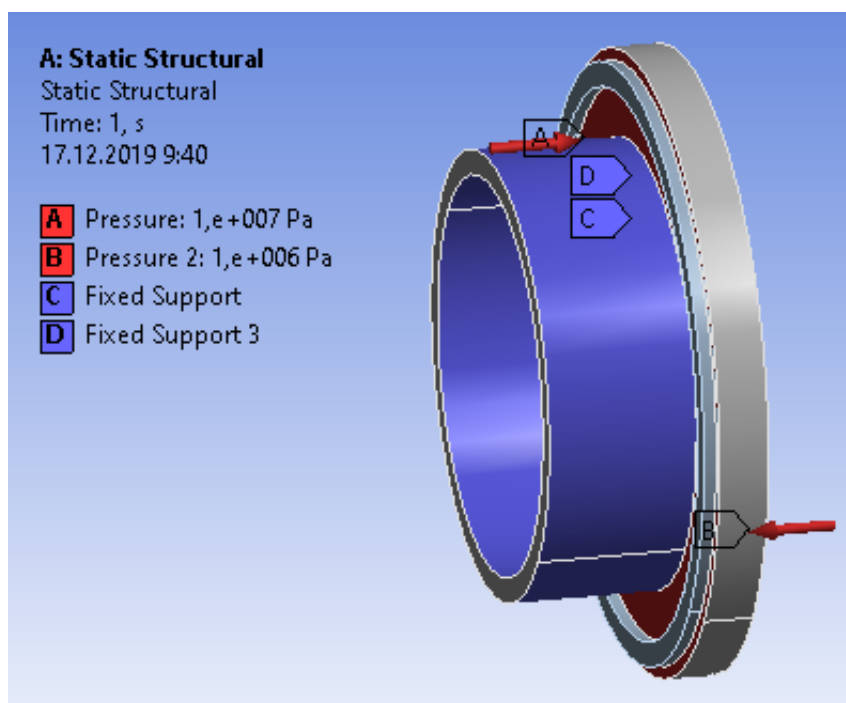


Рисунок 8.2.6 – схема закріплень та навантажень.

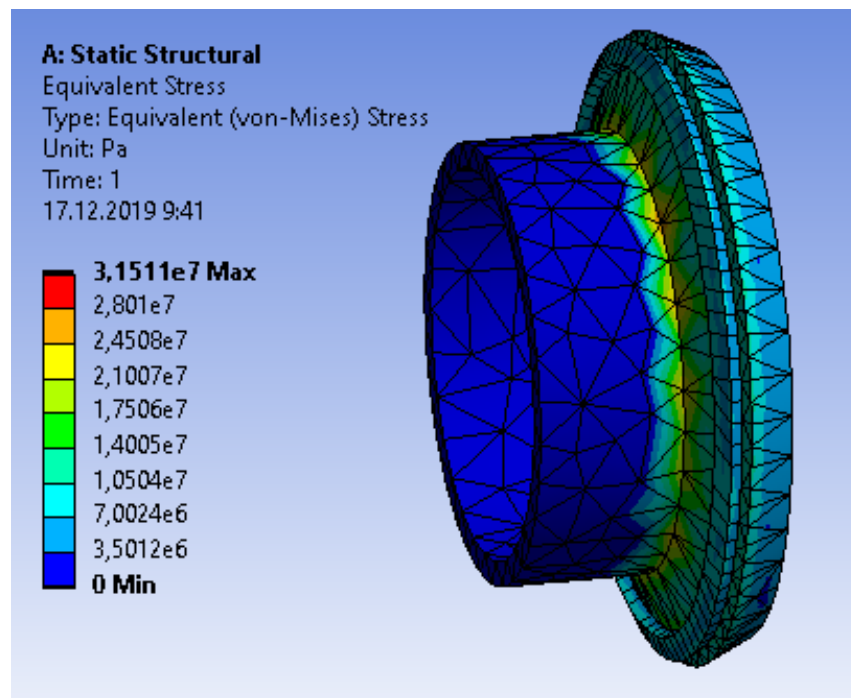


Рисунок 8.2.7 – Еквівалентні напруження

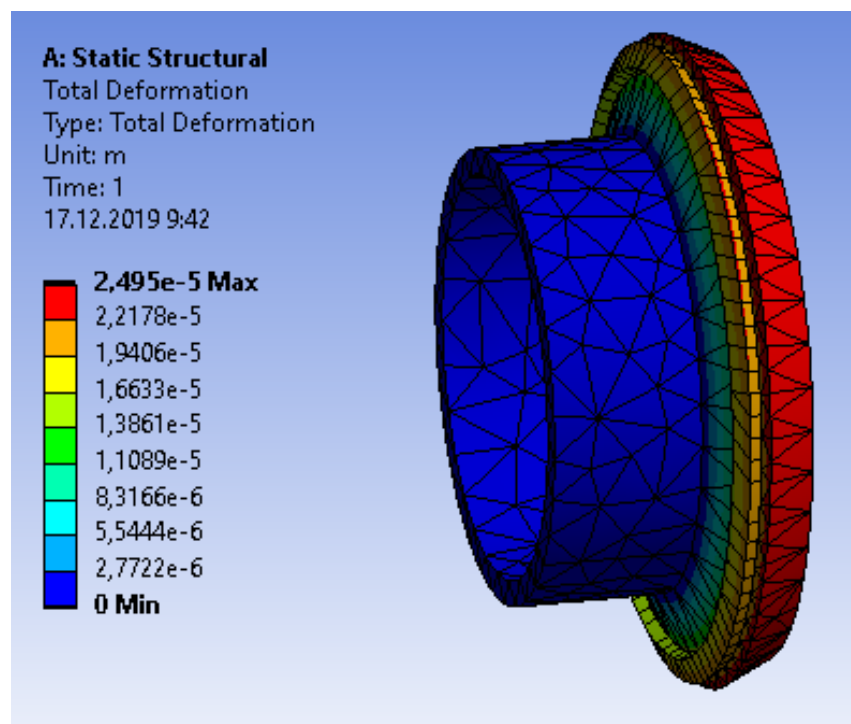


Рисунок 8.2.8 – деформація переміщення

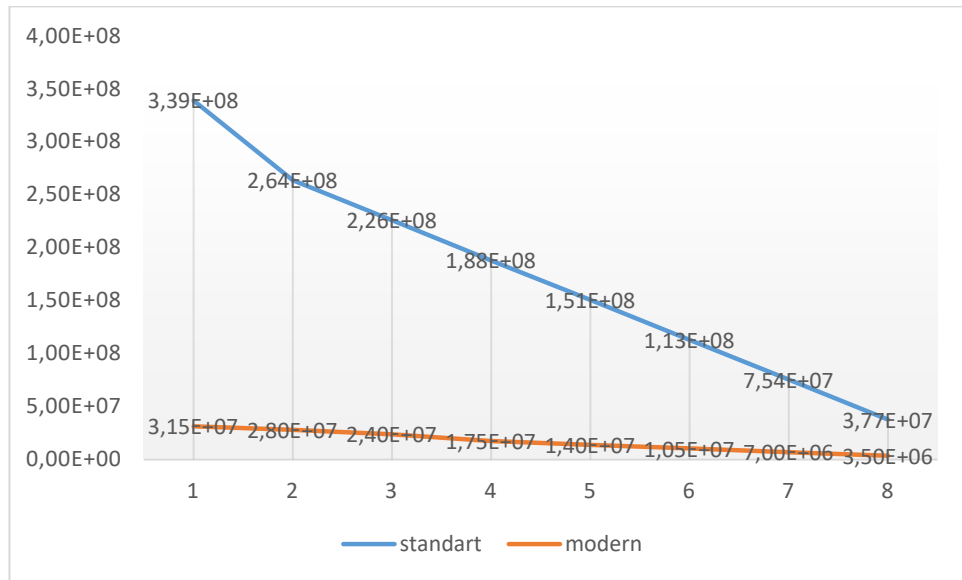


Рисунок 8.2.9 – Порівняння еквівалентних напружень модернізованого і стандартного ротора.

ВИСНОВКИ

В розділі пояснювальної записки був проведений опис гумозмішувача. Було проведено огляд патентів та літератури компонентів машини, обрано модернізацію ротора та змішувальної камери. Також були проведені розрахунки міцності, параметричні кінематичні теплові розрахунки та розрахунки, що підтверджують продуктивність модернізованої машини за допомогою Ansys.

Проаналізовано технічні параметри та характеристики основного обладнання.

У розділі з охорони праці та навколишнього середовища докладно описані небезпеки під час виробництва та шляхи їх усунення. Розроблено розділ стартап-проекту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андреев І. А., Зубрій О. Г., Мікульонок І. О. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі й чавуни: Навч. посібник / І. А. Андреев, О. Г. Зубрій, І. О. Мікульонок – К.: ІЗМН, 1999. – 148 с.
2. Рябинин Д. Д. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей / Д. Д. Рябинин, Ю. Е. Лукач. — М.: Машиностроение, 1972. — 272 с.
3. Патент №2033324 (RU), МПК В28С5/14. Роторний змішувач / В. А. Кузьмичев, В. С. Дегтярьов, Є. А. Прозоров (RU).– Заявка №93001653133, 11.01.1993.
4. Патент №2186615 (RU), МПК В01F7/00. Роторний змішувач/ С. М. Дроздов (RU).– Заявка №2001120445/12, 24.07.2001.
5. Патент №74081 (RU), МПК В01F11/02. Роторний змішувач з електрогідравлічним віброзбудником / І. М. Єфремов, В. С. Янін, Р. Є. Нікіфоров (RU).– Заявка №2006123298/22, 29.06.2006.
6. Патент №2174865 (RU), МПК В01F7/28. Роторний змішувач - диспергатор / В.В. Чернін, О.В. Ковальов (RU).– Заявка № 2000119672/12, 24.07.2000.
7. Патент №1572688 (SU) В01F11/00. Роторний змішувач / І. С. Дубинін, В. А. Кузьмичьов, Н. А. Рибокова (SU).– Заявка №4359209/24, 23.06.1990.
8. Патент № 2 477 683 (RU), МПК В27В7/20. ЗАКРИТАЯ МЕСИТЕЛЬНАЯ КАМЕРА И МЕСИТЕЛЬНЫЙ РОТОР / Йосида Норифум, Уемера Масааки, Накано Хироми /- Заявка №2011146160/05, 20.03.2013.
9. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с., ил.

10. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Учебное пособие для машиностроительных специальностей ВУЗов / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 256 с., ил.

11. Булгаков Б. Б., Семикина Л. Ф. Методические указания к дипломному проектированию по разделу «Автоматизация производственных процессов»

для студентов факультетов химического машиностроения и химико-технологического / Б. Б. Булгаков, Л. Ф. Семикина. – Киев.: КПИ, 1987. – 56с.

12. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

13. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016).

14. Юдіна Н. В. Антикризисні маркетингові інструменти інноваційного розвитку підприємств / Н.В. Юдіна // . – 2014. – Т. 1. – С. 80– 82.

15. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризисне управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 144-147.

16. Андреев І. А., Зубрій О. Г., Мікульонок І. О. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі й чавуни: Навч. посібник / І. А. Андреев, О. Г. Зубрій, І. О. Мікульонок – К.: ІЗМН, 1999. – 148 с.

17. Рябинин Д. Д. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей / Д. Д. Рябинин, Ю. Е. Лукач. — М.: Машиностроение, 1972. — 272 с.

18. Розенплентер А. Е., Панішева Т. В., Лисенко С. В. Методичні

вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів хіміко-машинобудівних спеціальностей / А. Е. Розенплентер, Т. В. Панішева, С. В. Лисенко. – К.: НТУУ «КПІ», 2005. – 32с.

19. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с., ил.

20. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Учебное пособие для машиностроительных специальностей

ДОДАТОК А

ДОДАТОК Б

№ п.п	предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1	Змішувальна камера	Патент №2174865 (RU), МПК B01F7/28 / В.В. Чернін, О.В. Ковальов 24.07.2000.	Дана конструкція відрізняється тим, що корпус складається з трьох частин. При чому середня частина корпусу виконана у вигляді "равлика" з вихідним патрубком, з'єднаним з трубопроводом, верхній кінець якого розміщений над ємкістю з вихідним отвором, який з'єднаний через відвід, що має перепускний кран з вхідним патрубком верхньої частини корпусу. Перевагами такої конструкції є те, що у випадку недостатньої якості перемішування, матеріал потрапляє на повторне перемішування, що у свою чергу являється і недоліком, так як витрачається багато часу.

2	Роторний змішувач	<p>Патент №2186615 (RU), МПК B01F7/00 С. М. Дроздов (RU).– Заявка №2001120445</p>	<p>Дана конструкція змішувача відрізняється тим, що поверхня ротора та внутрішня поверхня корпуса виконані хвилеподібної форми несиметричними та періодичними по колу обертання. Перевагами такої конструкції є те, що спеціальна хвилеподібна форма ротора та корпуса викликає значні дотичні напруження в матеріалі, інтенсифікуючи таким чином процес змішування. Недоліками даної конструкції є громісткість конструкції та тривалий час процесу змішування.</p>
3	Гумозмішувач	<p>Патент №74081 (RU), МПК B01F11/02</p>	<p>Дана конструкція змішувача відрізняється тим, що вібратор виконаний у формі сильфона з диском, заповненого рідиною і містить електроди, які є збудниками коливань. Інтенсивність вібрації регулюється зміною частоти струму. Перевагою такої конструкції є легкість регулювання інтенсивності вібрації. Недоліком даної конструкції є низька продуктивність і труднощі для змішування високов'язких матеріалів.</p>

4	Роторний змішувач	<p>Патент №2033324 (RU) МПК B28C5/14 В. А. Кузьмичев, В. С. Дегтярьов</p>	<p>Дана конструкція змішувача відрізняється тим, що змішувальна камера виконана з конічним днищем, а очисна лопать – з пружиною кручення, торцева кромка якої розміщена під кутом 15-30° до твірної конічного днища. Перевагами такої конструкції є те, що до конвективного змішування, яке створює обертання ротора, додається дифузійне змішування, створене вібратором, що призводить до інтенсифікації процесу змішування і скорочення часу його проходження. Недоліком даної конструкції є складність балансування вібратора.</p>
5	Гумозмішувач	<p>Патент №1572688 (SU) B01F11/00 В. А. Кузьмичьов, Н. А. Рибокова 23.06.1990</p>	<p>Дана конструкція відрізняється тим, що з цілю інтенсифікації процесу змішування, вібратор споряджений багатозахідною гвинтовою лопастью, закріпленою на його зовнішній поверхні і з'єднаний з приводом обертання планетарною передачею ексцентрикового типу. Перевагами даної конструкції являється те, що під дією вібрації структура суміші руйнується, а повільне обертання ротора забезпечує тороїдальне і обертальні перемішування суміші. Об'єднання цих рухів забезпечує інтенсивне перемішування по всій камері з мінімальними затратами енергії.</p>

6	Роторний змішувач	UA 3512 МПК В02С 19/00 25.03.2008	В основу корисної моделі поставлена задача розробки роторного подрібнювача, у якій шляхом зміни конструктивно-технологічної та компоновочної схем, оснований на новій сукупності конструктивних елементів, їх взаємному розташуванні і наявності зв'язків між ними забезпечується інтенсифікація процесу розщеплення листостеблової маси кормових культур, її подрібнення та рівномірний розподіл, внесення у продукто-повітряний потік частинок консервуючого розчину і білково-мінеральних компонентів, формування однорідної структури кормосумішей.
7	Роторний змішувач	UA 34962 МПК В29В 7/02 10.04.2008 Мікульонік І.В. Вознюк В.Т.	В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалення роторного змішувача для полімерних композицій, в якому його спорядження додатковими робочими органами, зокрема двома роторами, забезпечує розвинуту гідродинаміку оброблюваної композиції, що суттєво підвищує ефективність змішування, а також зменшує енерго- і матеріалоемність конструкції за рахунок збільшення питомо продуктивності.
8	Закрытая месительная машина и месительный ротор	RU 2 447 683 C1 Йосида Норифумі. 12/03/2010	В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення роторного змішувача, у якому нове конструктивне виконання геометрії гребнів ротора під час їх обертання забезпечує високі властивості текучості та якості перемішування суміші.

9	<p>Пристрій ущільнення торцевого торця ротора змішувача (Mixer rotor end face seal device)</p>	<p>CN207403022 2018.05.25 SUN XUCAN; HAN ZHENGLIN</p>	<p>Призначення корисної моделі полягає в тому, щоб подолати недоліки відомого рівня техніки та забезпечити пристрій ущільнення торцевого торця ротора внутрішнього змішувача, яке може ефективно вирішити проблеми, існуючі в поточному пристрої ущільнення торцевого колеса внутрішнього змішувача, спростити конструкцію ущільнювача торцевої частини.</p>
---	--	---	--

ДОДАТОК В

Хвостюк Я.Ю., студент;

Сокольський О.Л., к.т.н., доц.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Гумозмішувач роторний з модернізацією змішувальної камери

Приготування композицій на основі полімерів та еластомерів є найбільш відповідальним й найбільш трудомістким процесом переробки гум у виробі. Для виготовлення матеріалів із заданими експлуатаційними властивостями полімер або каучук змішують з різними інгредієнтами, які вводять у суміш у певному масовому співвідношенні та визначеній послідовності.

Якість гумових виробів здебільшого залежить від конструкції гумозмішувача, в якому відбувається процес формування суміші. Тому актуальним питанням є розробка нових апаратів та модернізація вже існуючих конструкцій.

У даному випадку розглянуто двохранторний змішувач, призначений для змішування каучуку з наповнювачами, сіркою та іншими компонентами для приготування гумових сумішей.

З метою збільшення продуктивності в апарат були внесені такі зміни: ширококовжівані овальні ротори замінені на ротори з ріжучими гребнями, які забезпечують складний круговий рух суміші в камері гумозмішувача, це дозволяє збільшити інтенсивність процесу та зменшити час його протікання.

В даному варіанті представлений ротор [1], в якому гребні виконані таким чином, коли два ротори обертаються один одному на зустріч то вони будуть виконувати сумісну дію зближення і віддалення центральної осі. В даному випадку основним недоліком: складний процес виготовлення ротора.

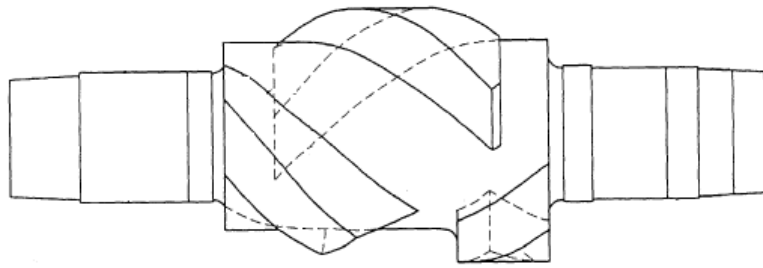


Рисунок 1 – Ротор.

Висновки

Таким чином, даний винахід [1]. може переважно забезпечувати бажаний рівень обробки, включаючи значно вищі фізико-механічні характеристики, жування матеріалу при більш високих швидкостях пропускання в порівнянні з деякими звичайними гумозмішувачами. Крім того, така вигідна обробка може бути досягнута шляхом переоснащення існуючої гумозмішувальної машини за допомогою заміни ротора відповідно до винаходу, а не заміни всієї машини більш дорогої, альтернативної технологією змішування гуми відомої фахівцям в даній області техніки.

Література

1. Патент № 2 477 683 (RU), МПК В27В7/20. ЗАКРИТАЯ МЕСИТЕЛЬНАЯ КАМЕРА И МЕСИТЕЛЬНЫЙ РОТОР / Йосида Норифум, Уемера Масааки, Накано Хироми /- Заявка №2011146160/05, 20.03.2013.